ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 FÉVRIER 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Adolphe Carnot** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le troisième Volume de mon *Traité d'analyse des substances minérales*.

Le premier Volume a été consacré à l'exposé des différentes méthodes de recherches qualitatives, aux opérations de voie sèche et de voie humide de l'analyse quantitative et à l'analyse des gaz.

Le deuxième Volume a décrit les procédés de recherche, de dosage et de séparation des métalloïdes.

Le troisième traite des métaux alcalins et alcalino-terreux, des terres proprement dites et des terres rares, des eaux douces et des eaux minérales, enfin des métaux de la famille du fer. Les autres métaux proprement dits feront l'objet du quatrième et dernier Volume.

De plus en plus, pour la Science et pour l'Industrie, on a besoin d'analyses très exactes et souvent aussi d'analyses très rapides. Il m'a fallu, en conséquence, indiquer souvent plusieurs solutions différentes pour un même problème; mais j'ai pris soin de justifier autant que possible les motifs de préférence dans les différents cas. Je me suis attaché à signaler partout les auteurs des méthodes récentes que je recommandais. D'autres me sont personnelles; je ne les ai données qu'après les avoir soumises à une vérification sévère.

J'attirerai plus spécialement l'attention sur les objets suivants : le potassium, le lithium, leur recherche et leur dosage dans les minéraux, les roches et les eaux minérales; les terres alcalines, leur séparation, l'analyse

de leurs minéraux et de leurs produits d'art; la zircone, la thorine et le groupe toujours croissant des terres rares; l'examen des minerais de l'uranium et des métaux radioactifs; le dosage et la séparation de l'aluminium, du chrome, du manganèse et du fer; l'étude des minéraux et des roches contenant ces métaux et particulièrement de leurs minerais industriels.

Toute la fin du Volume est consacrée aux procédés d'analyse des produits variés des usines sidérurgiques : laitiers, scories, fontes, aciers au carbone, aciers spéciaux et ferro-alliages, qui prennent aujourd'hui dans l'industrie une place de plus en plus grande.

COMMISSIONS.

M. **Lecornu** est nommé membre de la Commission d'Aéronautique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. *Charles Méray*, Professeur honoraire de l'Université de Dijon, Correspondant de l'Académie pour la Section de Géométrie.

M[lles] **I. Ioteyko** et **M. Stefanowska** adressent des remercîments à l'Académie pour la distinction qui a été accordée à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Une série de travaux de M. C. Gorini relatifs aux *Bactéries du lait* et notamment aux *Bactéries productrices d'acide et de présure*. (Présenté par M. A. Laveran.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Nouvelles observations sur le spectre de la* Nova Lacertæ. Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note précédente (23 janvier 1911), j'ai exposé brièvement les premières recherches qui ont été faites sur le spectre de la nouvelle étoile du Lézard. Grâce à une série de belles soirées du 28 au 31 janvier, j'ai pu

poursuivre ces recherches avec la chambre prismatique fixée à l'équatorial de 8 pouces. Les poses ont varié de 1 heure et demie à 3 heures, et deux clichés ont été obtenus sur plaques panchromatiques. Ils ont permis de constater les nouveaux résultats suivants :

Les raies brillantes et très larges de l'hydrogène signalées dans la Note précédente se divisent en deux composantes : l'une plus brillante, déviée d'environ 7 angströms vers le rouge, et l'autre d'environ 16 angströms vers le violet. Une raie sombre et peut-être double existe du côté violet de H_γ.

En outre des raies de l'hydrogène on distingue encore trois bandes brillantes dans le jaune dont les milieux se trouvent vers $\lambda = 587,4$ (probablement l'hélium, 587,6), $\lambda = 575,4$ et $\lambda = 567,5$.

Dans le vert une large bande s'étend sur une longueur d'une trentaine d'angströms, dont le milieu est situé vers $\lambda = 500$. Il y a aussi une raie brillante à $\lambda = 493,7$.

Une large bande vers $\lambda = 465$, déjà signalée dans la Note précédente, se montre formée de deux composantes internes vers $\lambda = 462$ et $\lambda = 466$, et d'une troisième plus faible vers $\lambda = 470$.

On distingue encore, mais moins nettement, des raies brillantes vers $\lambda = 437,4$ et $\lambda = 458,3$.

Enfin le spectre continu de l'étoile présente des renforcements et des affaiblissements marqués, dus peut-être à des raies ou bandes que l'instrument n'a pas permis de séparer. Il y a, en particulier, des renforcements marqués aux environs de $\lambda = 425$ et $\lambda = 445$.

Ajoutons qu'étant donnée la grande largeur et la diffusion des raies brillantes de cette étoile, les longueurs d'onde indiquées ne peuvent être qu'approximatives.

Il est douteux que cette étoile présente les raies des nébuleuses ; la large bande qui s'étend vers $\lambda = 500$ étant la seule qui pourrait être identifiée avec une des raies des nébuleuses (500,7) est trop étendue pour permettre de trancher la question.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement discontinu d'un fluide dans un canal renfermant un obstacle*. Note de M. **Henri Villat**, présentée par M. Émile Picard.

J'indique ici la détermination générale du mouvement plan permanent d'un fluide dans un canal rectiligne indéfini, où l'on suppose qu'un obstacle donné soit immergé. Nous admettrons qu'à l'arrière de l'obstacle solide, il existe un sillage fluide faisant corps avec lui, et qu'à l'infini du même côté, la vitesse du fluide qui coule soit égale à 1.

Soient : O le point du profil de l'obstacle, où le courant se divise ; Ox,

Oy deux axes dont le premier soit parallèle au canal, dans le sens du courant; (u, v) la vitesse d'une molécule fluide; φ, ψ, le potentiel et la fonction de courant. Posons

$$z = x + iy; \quad f = \varphi + i\psi; \quad w = u - iv = e^{-i\Omega} = \frac{df}{dz}.$$

Cas général où il n'y a pas symétrie par rapport à l'axe du canal. — Le fluide en mouvement occupe dans le canal une région (A), qui correspond dans le plan (f) à une région (B), facile à former. A cette région (B), je fais correspondre l'aire d'une demi-couronne circulaire dans un plan $\zeta = \xi + i\eta$ par les transformations suivantes :

$$f = -\mathrm{A}\log(t-a) - \mathrm{B}\log(t-b) + \mathrm{D},$$

$$t = a + b + \frac{1}{2}\,\frac{p'\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - p'\gamma}{p\left(\omega + \omega' - \frac{\gamma}{2} - \frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right) - p\gamma},$$

où A, B, a, b, D, γ, sont certaines constantes; t, une variable auxiliaire, et où p est la fonction elliptique de Weierstrass, aux périodes 2ω, $2\omega'$.

Tous les éléments du mouvement, et la résistance de l'obstacle, se déterminent au moyen de ζ et de Ω, considéré comme fonction de ζ. Particulièrement, l'expression de la résistance directe est débarrassée de toute quadrature. Un prolongement analytique conduit à envisager cette fonction $\Omega(\zeta)$ dans la couronne circulaire dont la moitié constituait le domaine ci-dessus énoncé. Elle y est partout régulière, sauf en deux points de la frontière. De là on conclut que le degré de généralité de la question est celui d'une certaine série de Laurent (cf. une Note antérieure, *Comptes rendus*, 21 novembre 1910).

La fonction $\Omega(\zeta)$, qui correspond à l'obstacle formé de deux lames faisant avec Ox les angles $\delta \pm \alpha$, est

$$\Omega_0 = -\sum_1^\infty \frac{4\alpha}{\pi}\,\frac{\sin ns_0}{n\,\mathrm{sh}(n\log q)}\left\{\mathrm{sh}\left(n\log\frac{q}{\rho}\right)\cos n\sigma - i\,\mathrm{ch}\left(n\log\frac{q}{\rho}\right)\sin n\sigma\right\}$$

$$\left(\zeta = \rho e^{i\sigma},\ q = e^{-\frac{\pi\omega'}{i\omega}}\right).$$

Or, en introduisant la fonction σ de Weierstrass, je suis parvenu à faire voir que Ω_0 s'exprime par la formule

$$\Omega_0 = \frac{2\alpha i}{\pi}\log\left[\frac{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega}{\pi}s_0\right)}{\sigma\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta - \frac{\omega}{\pi}s_0\right)}\right] + \frac{4\alpha\eta\omega s_0}{\pi^3}\log\zeta + \frac{2\alpha s_0}{\pi}.$$

En partant de là, et en passant par l'intermédiaire d'un obstacle polygonal (intermédiaire purement analytique), je démontre que la fonction $\Omega(\zeta)$, qui correspond à un obstacle quelconque, est

$$\Omega(\zeta)=\frac{i}{\pi}\,p'\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right)\int_0^{\omega}\frac{\Phi(s)}{p\left(\frac{\omega}{i\pi}\log\zeta\right)-ps}\,ds,$$

où $\theta=\Phi(s)$ exprime la relation qui existe entre l'inclinaison θ de la tangente en un point du profil solide, et l'argument $\sigma\times\frac{\pi}{\omega}=s$, du point correspondant dans le plan ζ. $\Phi(s)$ est la fonction arbitraire du problème; elle satisfait seulement à la condition

$$\int_0^{\omega}\Phi(s)\,ds=0.$$

La formule ci-dessus fournit pour $\Omega(\zeta)$ une expression qui n'est valable que *dans* la couronne, mais pas sur toutes les frontières. Néanmoins la fonction Ω qu'elle représente satisfait bien à toutes les conditions de continuité et autres voulues; et ses valeurs sur les frontières peuvent s'obtenir par une méthode détournée.

La même formule fournit *la solution la plus générale* du problème. La fonction $\Phi(s)$ peut y être choisie de manière à correspondre à une forme d'obstacle dont l'allure est donnée d'avance. On peut traiter une infinité de cas où les intégrations s'effectuent jusqu'au bout, pour des obstacles de profil connu *a priori*.

Avec des modifications insignifiantes, les mêmes fonctions Ω_0 et Ω ci-dessus résolvent complètement le problème du mouvement d'un solide dans un fluide limité par une paroi fixe indéfinie (cf. ma Note du 21 novembre 1910).

Cas où il y a symétrie par rapport à l'axe du canal. — 1° On peut appliquer tout ce qui précède, en faisant

$$\delta=0,\qquad s_0=\frac{\pi}{2},\qquad \gamma=\omega.$$

2° On peut, par une autre voie, effectuer la représentation sur demi-couronne, par la formule

$$f=D-2A\log\left[dn\left(\frac{2K}{i\pi}\log\zeta-K\right)\right]\qquad(\omega\sqrt{e_1-e_3}=K,\ \omega'\sqrt{e_1-e_3}=iK').$$

Alors on prendra Ω_0 sous la forme

$$\Omega_0 = \alpha + \frac{2\alpha i}{\pi} \log \frac{H\left(\frac{K}{i\pi}\log\zeta - \frac{K}{2}\right)}{H\left(\frac{K}{i\pi}\log\zeta + \frac{K}{2}\right)},$$

dn et H représentant les fonctions elliptiques de Jacobi et de Hermite.

3° On peut utiliser les formules obtenues par M. U. Cisotti (*Circolo di Palermo*, 1909) avec des fonctions elliptiques différentes des précédentes, et à l'aide desquelles on a

$$\Omega_0 = \frac{2a\alpha i}{\pi} \int_u^\omega \frac{\sigma u}{\sigma_3 u} du \qquad \left[u = -\frac{2\omega}{i\pi} \log\left(\frac{\zeta}{i\sqrt{q}}\right)\right].$$

Partant de là, je parviens à faire voir que pour un obstacle quelconque la fonction Ω correspondante est

$$\Omega = \frac{2ai}{\pi} \xi_{13} u\, \xi_{23} u \int_0^\omega \frac{\Phi(s)\, \xi_{03} s}{1 - (e_1 - e_3)(e_2 - e_3)(\xi_{03} u)^2 (\xi_{03} s)^2} ds,$$

où l'on peut choisir la fonction arbitraire pour obtenir une forme d'obstacle donnée d'avance. En particulier, on obtient un obstacle en *proue de navire* en prenant

$$\Phi(s) = P \frac{\sqrt{ps - A}\, \sqrt{ps - e_2}}{ps - e_3} \qquad \left(e_3 < A < e_1,\ 0 < P < \frac{\pi}{2}\right).$$

PHYSIQUE. — *L'état hélicoïdal de la matière électrique; hypothèses nouvelles pour expliquer mécaniquement les phénomènes électromagnétiques.* Note de M. **A. Korn**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans ma théorie des vibrations universelles ([1]) j'ai appliqué les phénomènes de la gravitation (loi de Newton) et de la répulsion entre les particules d'un gaz (loi de Maxwell) d'une manière purement mécanique comme les conséquences des vibrations propres d'un système composé de particules faiblement compressibles (des particules pondérables) et d'une matière incompressible pour des vibrations rapides. La vibration fondamentale

([1]) *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 31; *Ann. de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. XXV, 1908, p. 529; *Theorie der Reibung in kontinuierlichen Massensystemen*, Berlin, 1902.

consiste dans des pulsations des particules pondérables; elle a pour conséquence, conformément aux résultats de Bjerknes, une attraction des particules pondérables d'après la loi de Newton. La première harmonique consiste dans des oscillations irrégulières des particules pondérables; elle a pour conséquence une répulsion des particules pondérables d'après la loi de Maxwell. Je crois qu'on pourra arriver aussi à expliquer les forces capillaires et les forces élastiques et même des forces de l'affinité chimique par les harmoniques supérieures.

Il y avait toujours plusieurs difficultés de faire entrer dans ces théories mécaniques les phénomènes électromagnétiques; il ne peut y avoir de doute que les particules électriques doivent être regardées comme ayant de petites particules pulsantes et qu'on doit les regarder comme ayant le même signe quand leurs phases coïncident, comme étant opposées quand leurs phases diffèrent de $\frac{\pi}{2}$. Mais dans ce cas la théorie ordinaire donne pour les actions réciproques la loi de Coulomb avec le signe opposé; on doit admettre que les particules pulsantes qui représentent des particules électriques doivent avoir d'autres propriétés que celles qui représentent des éléments de Newton. Pour vaincre cette difficulté on peut avoir recours à l'idée suivante : le principe de d'Alembert donne pour une matière continue l'équation

$$(a) \qquad \sum\left(\mu \frac{du}{dt} \delta x + \ldots\right) d\tau = 0,$$

où je désigne par dt un élément dont la densité est μ, et dont les vitesses moyennes sont u, v, w, les déplacements virtuels δx, δy, δz. On peut parler d'un système proprement continu, quand on peut regarder u, v, w, δx, δy, δz comme des fonctions continues de t, x, y, z et quand on peut énoncer le principe de d'Alembert par la formule

$$(b) \qquad \int\left(\mu \frac{du}{dt} \delta x + \ldots\right) d\tau = 0.$$

Mais on peut aussi s'imaginer des systèmes *improprement continus*, pour lesquels on doit ajouter des termes additifs quand on passe de la formule (a) à une formule du genre (b), surtout quand il s'agit de mouvements très rapides. Pendant qu'on peut regarder les éléments de Newton comme proprement continus, il faut admettre que les éléments de la matière électrique sont plus compliqués, et l'on pourra expliquer par une telle complication le changement de signe qui a arrêté les raisonnements de Bjerknes.

Au lieu de réfléchir sur l'état moléculaire de la matière électrique ([1]), il m'a semblé d'abord plus simple de trouver les termes additifs qu'il faut ajouter dans la formule (b) pour la matière électrique. Ces termes doivent être tels qu'on revient à la mécanique ordinaire, c'est-à-dire à la formule (b) pour des mouvements ordinaires. De cette manière on ne quitte pas le sol ferme de la mécanique classique. Je suis arrivé aux hypothèses suivantes :

I. *Hypothèse des vibrations électromagnétiques.* — Les vitesses (mécaniques) d'un champ électromagnétique ont la forme

$$(1)\qquad u = u_0 + \hat{u}, \quad \ldots, \qquad \hat{u} = u_1 \cos\frac{t}{T}2\pi + u_2 \sin\frac{t}{T}2\pi, \quad \ldots,$$

T étant une durée extrêmement petite, u_0, u_1, u_2, ... remplissant les conditions que les expressions

$$T\frac{du_0}{dt}, \quad T\frac{du_1}{dt}, \quad T\frac{du_2}{dt}, \quad \ldots,$$

sont extrêmement petites en comparaison avec u_0, u_1, u_2, ...

II. La formule du principe de d'Alembert pour la matière électrique (considérée comme *improprement continue*) doit s'écrire

$$(2)\qquad \int\left[\left(\mu\frac{du}{dt}d\tau + 2\int_\Omega \mu u\hat{u}_\nu\, d\omega - 2u_0\int_\Omega \mu\hat{u}_\nu d\omega\right)\delta x + \ldots\right] = 0 \quad ([2]),$$

où je désigne par Ω la surface d'un élément $d\tau$ et par $\hat{u}_\nu$ l'expression

$$u_\nu = \hat{u}\cos(\nu x) + \hat{v}\cos(\nu y) + \hat{w}\cos(\nu z),$$

les ν représentant les normales intérieures de Ω.

([1]) Comme j'ai fait autrefois (*Eine Theorie der Gravitation und der elektrischen Erscheinungen auf Grundlage der Hydrodynamik*, Berlin, 1896-1898).

([2]) Quand les dilatations sont nulles, on peut écrire

$$\int\left[\left(\mu\frac{du}{dt}d\tau + 2\int_\Omega \mu u\hat{u}_\nu\, d\omega\right)\delta x + \ldots\right] = 0,$$

d'où l'on peut se former une intuition de l'hypothèse II comme énonçant une réflexion totale des vibrations $\hat{u}$, $\hat{v}$, $\hat{w}$ aux parois des éléments de la matière électrique.

Pour arriver aux équations du champ électromagnétique, je dois ajouter l'hypothèse suivante :

III. *Hypothèse de l'état hélicoïdal de la matière électrique* (hypothèse *des universellen Dralles*). — Les vitesses d'un champ électromagnétique ont toujours la forme suivante :

$$(3)\qquad u=U+\frac{\partial\varphi}{\partial x}-a\left(\frac{\partial w}{\partial y}-\frac{\partial v}{\partial z}\right),\qquad \ldots,\qquad \frac{dU}{dt}=\frac{dV}{dt}=\frac{dW}{dt}=0,$$

c'est-à-dire qu'elles se composent de vitesses constantes, de vitesses dérivant d'un potentiel et de vitesses proportionnelles à leurs vitesses de rotation moléculaire; a est une constante très petite.

Ces trois hypothèses suffisent pour expliquer tous les phénomènes électromagnétiques connus, on n'a à y ajouter que des conditions aux limites et l'hypothèse généralement admise qu'il faut compter avec le phénomène du frottement dans les milieux conducteurs, et nous pouvons expliquer ce phénomène du frottement aussi d'une manière purement mécanique à l'aide des vibrations universelles.

MAGNÉTISME. — *Recherches sur l'influence de la vitesse sur le compas.* Note de M. Gaston Gaillard, présentée par M. J. Violle.

Les vitesses atteintes aujourd'hui et plus spécialement par quelques destroyers anglais, nous ont fait nous demander si la vitesse n'aurait pas une action sur le compas.

Toutefois, la navigation ne permettant pas de se rendre maître de la direction d'une façon absolue et d'atteindre normalement les vitesses nécessaires pour des expériences de ce genre, nous avons essayé de les tenter sur voie ferrée et nous avons pu, grâce à l'amabilité de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, faire en février et juillet 1909 quelques essais préliminaires à des vitesses comprises entre 80^{km} et 120^{km}.

On sait que, pendant les longues routes EW, deux pôles tendent à se produire dans les murailles tribord et bâbord des navires.

Nous avons d'abord vérifié en nous plaçant à côté des voies une aimantation très nette de ce genre pour les côtés des voitures, aimantation variable avec la vitesse et ne disparaissant pas brusquement à l'arrêt.

En dehors de cette aimantation temporaire prise par les différentes parties magnétiques sous l'influence de la vitesse, nous avons vu tout de suite la

nécessité de distinguer de nombreuses influences qui paraissent intervenir et dont les actions, compliquées des orientations, se combinent réciproquement : influence directe sur le compas par une sorte de frottement ou d'entraînement et influence sur l'aimantation propre des aiguilles due au déplacement rapide dans le champ, sans parler des courants engendrés probablement dans la cuve qui joue en même temps un rôle d'écran et peut en partie masquer ces effets.

Mais, comme on le conçoit facilement, dans des conditions telles que celles où nous opérions (soit dans un wagon d'un train rapide ou sur une machine isolée) et qui ne permettent pas de faire toutes les manœuvres désirables, par suite du magnétisme sous-permanent développé par les vibrations et le roulement, etc., ainsi que de l'instabilité où l'on se trouve aux grandes vitesses, il n'était pas possible de déterminer les diverses données magnétiques et encore moins de dissocier et d'étudier ces différentes actions. Celles-ci sans doute ne semblent pas présenter un intérêt pratique immédiat, mais elles ne sont toutefois point sans portée générale, et nous nous proposons d'en continuer la recherche.

OPTIQUE. — *Les systèmes optiques en mouvement et la translation de la Terre.* Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. Lippmann.

1. *Effet de mouvement élémentaire.* — J'ai expliqué cinématiquement : l'entraînement partiel des ondes lumineuses par l'eau en mouvement (*Comptes rendus*, t. 129, p. 818; *Société française de Physique*, 1899) ; le principe de Veltmann et l'aberration astronomique étudiée avec un système optique quelconque (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 1220). Mes raisonnements supposent que l'éther du vide n'est pas du tout entraîné dans la translation de la matière (hypothèse de Fresnel), ou, du moins, que la vitesse v du système optique par rapport à l'éther du vide est uniforme aux divers points du système. Mais, quelle que soit la distribution du vecteur v dans l'étendue du système, il est permis de conserver sous la forme suivante le principe de l'effet de mouvement élémentaire que j'ai établi en 1899 (*loc. cit.*) et qui va servir de base pour une théorie cinématique plus générale.

Sur chaque élément de longueur dl lié à un système optique, la translation du système fait varier la durée de propagation des ondulations lumineuses de $\frac{u\,dl}{V_0^2}$ (effet de mouvement élémentaire) ; u désigne la composante,

suivant dl, de la vitesse v de l'élément dl du système par rapport à l'éther du vide; V_0 désigne la vitesse de la lumière *dans le vide*, même si l'élément dl est compris dans l'un des milieux matériels du système optique.

2. *Effet tourbillonnaire optique.* — J'appelle ainsi la variation ΔT que la durée de propagation sur le périmètre du circuit subit sous l'influence du mouvement relatif de ce circuit invariable et de l'éther du vide. C'est la somme des effets élémentaires $\frac{u\,dl}{V_0^2}$ étendue à tous les éléments dl du circuit. Or, la somme des valeurs de $u\,dl$ représente (lord Kelvin) la *circulation* C de l'éther le long du circuit ou (Bjerknes) l'*intensité du tourbillon* correspondant, à travers le circuit. Introduisons la valeur moyenne b du vecteur de Bjerknes, ou densité du tourbillon, perpendiculairement à la surface S du circuit supposé plan. L'effet tourbillonnaire optique a pour valeur

$$(1)\qquad \Delta T = \frac{C}{V_0^2} = \frac{bS}{V_0^2}.$$

Si la densité du tourbillon est toujours nulle, autrement dit, si le mouvement relatif de l'éther est *irrotationnel*, la valeur de ΔT est nulle et l'on peut appliquer le théorème de Veltmann (*loc. cit.*).

Si, au contraire, le mouvement relatif de l'éther est *rotationnel*, le retard ΔT produit une variation de phase (λ, longueur d'onde) :

$$(2)\qquad x = \frac{bS}{\lambda V_0}.$$

Faisons alors interférer deux systèmes d'ondulations lumineuses qui ont parcouru en sens opposés le circuit optique de grande surface S (voir mes Notes, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1302 et 1676).

L'effet tourbillonnaire altérera de $2x$ la différence de phase des deux ondulations inverses, car il résulte d'effets de mouvement du premier ordre qui changent de sens avec la propagation de la lumière.

3. *Limite supérieure de l'entraînement de l'éther dans la translation de la Terre.* — Si l'éther est supposé entraîné au voisinage du sol, la vitesse relative v de la Terre et de l'éther augmente de Δv quand l'altitude croît de Δz et ne devient égale à la vitesse v_0 de translation de la Terre qu'à l'altitude où cesse l'entraînement.

Vers midi (ou minuit), la vitesse v est parallèle à l'horizon, le vecteur b est horizontal, voisin du méridien, et a pour valeur $\frac{\Delta v}{\Delta z}$ (si l'on néglige la

courbure des lignes de flux de l'éther vis-à-vis de $\frac{b}{v}$). Dans ces conditions, la valeur (2) de x s'applique à la surface S d'un circuit vertical orienté est-ouest.

De midi à minuit, le sens de propagation de chaque ondulation se trouve retourné dans l'espace, la variation $2x$ de la différence de phase s'intervertit et les franges d'interférence doivent se déplacer de $4x$ rangs.

Au cours d'observations que je décrirai ailleurs, j'ai constaté que la position de la frange centrale de mon interféromètre à faisceaux inverses (*loc. cit.*, p. 1676) ne dépendait pas de l'heure. La précision des pointés a permis de déterminer une limite supérieure de x correspondant à $\frac{1}{10000}$ de longueur d'onde pour un circuit de 30^{m} de contour, incliné sur l'horizon; de projection verticale 20^{m^2}. D'après la formule (2), b ou $\frac{\Delta v}{\Delta z}$ admet alors la limite supérieure $\frac{1}{1000}$ de radian par seconde. C'est dire que, pour une ascension verticale de 1^{m}; la vitesse relative v n'augmente même pas de la fraction $\frac{1}{3}10^{-7}$ de la vitesse v_0 de la Terre.

En reprenant la théorie de l'aberration des étoiles (*Comptes rendus*, 1905, *loc. cit.*) dans l'hypothèse d'un entraînement de l'éther près du sol, on voit aisément qu'elle subsiste, à condition de définir l'aberration par la vitesse relative v du globe et de l'éther *au lieu d'observation*. Comme la valeur de la vitesse v_0 de la Terre fait retrouver la valeur observée de l'aberration, à l'approximation de $\frac{1}{100}$, c'est que la vitesse d'entraînement $(v_0 - v)$ près du sol admet $\frac{1}{100}v_0$ comme limite supérieure. Le résultat de mes observations complète le précédent. De plus, il montre qu'il faut réduire beaucoup la limite supérieure de la vitesse d'entraînement $(v - v_0)$ si l'on ne veut pas admettre que cette vitesse soit encore notable à de grandes altitudes.

4. *Effet tourbillonnaire optique angulaire.* — Soient deux lunettes dirigées l'une vers l'autre à une grande distance mutuelle D. Sur l'aire $(D.l)$ de la section (diamètre l) du long faisceau lumineux qui sépare les lunettes, l'effet tourbillonnaire produit le retard ΔT ou $\frac{b}{V_0^2}D.l$ entre les deux vibrations élémentaires propagées suivant les bords opposés du faisceau. Pour que le synchronisme focal soit rétabli, l'image du foyer d'une lunette au foyer de l'autre doit être déviée d'un angle ε tel que l'avance géométrique correspondante εl compense justement le retard géométrique $V_0\Delta T$. On en déduit aisément que si la lunette L_2 est exactement pointée sur la lunette L_1, celle-ci est dépointée, par rapport à L_2, de l'angle 2ε ou $\frac{2bD}{V_0}$.

D'après la limite supérieure de b, que mes observations ont établie, l'effet tourbillonnaire angulaire 2ε admet la limite supérieure $\frac{2}{3} 10^{-13} \frac{\mathrm{D}}{\mathrm{c.m.}}$.

Pour déterminer directement cette limite, il aurait fallu fixer la précision des pointés réciproques des deux lunettes à moins de 0″,1 à travers une couche atmosphérique de 150^{km} de longueur, ou bien à moins de 0″,1 à 15^{km} de distance.

THERMODYNAMIQUE. — *Application du principe de Lenz aux phénomènes qui accompagnent la charge des condensateurs.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

Je résumerai d'abord, en une seule, les démonstrations relatives à ces phénomènes données par Pellat (¹) et par Sacerdote (²) en utilisant la remarque de Massieu.

Soit un *condensateur fermé* dont les armatures minces sont collées sur le diélectrique. L'armature externe B communique à l'encéinte, tandis que l'interne est portée au potentiel $V > 0$.

L'état de ce condensateur dépend de V, de sa température T et des pressions uniformes P et p qui règnent l'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur.

Supposons P constant.

Sous l'influence des variations dV, dT, dp, la charge M de A augmente de dM, le diélectrique reçoit une quantité de chaleur dQ, le volume intérieur (cavité) v augmente de dv et le volume extérieur v' de dv'.

L'accroissement d'énergie du condensateur dans cette transformation est

$$dU = V\,dM + J\,dQ + p\,dv - P\,dv'. \qquad (1)$$

Si cette transformation a lieu d'une manière réversible, dU, $d(MV)$, $d(pv)$ et $d(Pv')$ sont différentielles exactes, et il en est de même de

$$dX = dU - d(MV) - d(pv) + d(Pv') = -M\,dV + J\,dQ - v\,dp. \qquad (2)$$

Posons

$$dQ = a\,dV + b\,dp + c\,dT \qquad (3)$$

(¹) Pellat, *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 18.
(²) P. Sacerdote, *Thèse de doctorat*, p. 9. Paris, 1899.

et écrivons que dX et dS sont différentielles exactes :

(4) $$-\frac{\partial M}{\partial p}+J\frac{\partial a}{\partial p}=J\frac{\partial b}{\partial V}-\frac{\partial v}{\partial V},$$

(5) $$-\frac{\partial M}{\partial T}+J\frac{\partial a}{\partial T}=J\frac{\partial c}{\partial V},$$

(6) $$J\frac{\partial b}{\partial T}-\frac{\partial v}{\partial T}=J\frac{\partial c}{\partial p},$$

(7) $$\frac{\partial a}{\partial p}=\frac{\partial b}{\partial V},$$

(8) $$\frac{\partial a}{\partial T}-\frac{a}{T}=\frac{\partial c}{\partial V},$$

(9) $$\frac{\partial b}{\partial T}-\frac{b}{T}=\frac{\partial c}{\partial p};$$

d'où, en tenant compte de $M=CV$,

(10) $$\frac{\partial v}{\partial V}=\frac{\partial M}{\partial p}=V\frac{\partial C}{\partial p},$$

(11) $$a=\frac{T}{J}\frac{\partial M}{\partial T}=\frac{T}{J}V\frac{\partial C}{\partial T},$$

(12) $$b=\frac{T}{J}\frac{\partial v}{\partial T}.$$

1° *Dilatation électrique des condensateurs.* — De (10) on tire facilement

(13) $$\frac{\Delta v}{v}=3(\alpha+\varkappa)\tau,$$

α désignant l'inverse du module d'Young ;
$\varkappa$ le coefficient d'augmentation de la constante diélectrique par traction uniforme perpendiculaire aux lignes de force ;
τ l'énergie par unité de volume dans le diélectrique.

2° *Échauffement adiabatique θ du diélectrique pendant la charge à pression constante.* — De (3) et (11) on déduit facilement

(14) $$\theta=-\frac{T}{J}\frac{h}{d\gamma}\tau,$$

h désignant le coefficient $\frac{1}{C}\frac{\partial C}{\partial T}$, d la densité et γ la chaleur spécifique du diélectrique à pression et potentiel constants.

Il y a donc échauffement si $h<0$ (cas du verre et de la paraffine), refroidissement si $h>0$ (cas de l'ébonite). Ces variations de température ne dépassent pas d'ailleurs 10^{-5} pour le verre et 10^{-4} pour l'ébonite.

II. *Application du principe de Lenz généralisé.* — Lorsqu'on augmente la différence de potentiel entre les armatures d'un condensateur, non seulement la capacité augmente, ce qui s'oppose à la variation de V, mais chacun des facteurs immédiats de C (K, S et e) varie dans le sens qui convient pour produire cette augmentation de capacité. On sait en effet depuis longtemps que S augmente et que e diminue sous l'influence de la tension électrostatique, et les expériences d'Ercolini ont mis hors de doute l'augmentation de K; mais on aurait pu admettre ce dernier phénomène comme *nécessaire* par extension du principe de Lenz.

Par contre, l'augmentation de capacité est combattue à son tour par les variables dont elle dépend, autres que V. Ainsi l'extension de S est combattue par les réactions élastiques qu'elle développe; de même si le condensateur est hermétiquement clos, l'augmentation du volume intérieur provoque une diminution de pression qui réagit contre l'extension des parois.

De même aussi *la température du diélectrique varie dans un sens tel que cette variation tende à faire diminuer la capacité* [voir formule (14)].

On voit donc qu'il faut se garder de trop généraliser l'application du principe de réaction (ou de conservation) de Lenz en disant que tous les facteurs dont dépend la capacité, directement ou indirectement, se ligueront pour faire augmenter celle-ci; *cela n'est vrai que des paramètres immédiats*, c'est-à-dire qui agissent directement sur la capacité : K, S, e.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une interprétation physique de la chaleur non compensée*. Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. E. Bouty.

I. Un grand nombre de modifications ou de transformations matérielles sont accompagnées de phénomènes électriques; témoins les actions chimiques, les déformations mécaniques, les variations thermiques des cristaux, etc.

La déformation d'une substance peut d'ailleurs déterminer l'électrisation effective de ses divers éléments de volume sans donner lieu à aucune manifestation électrique extérieure : il suffit que les axes des doublets engendrés soient orientés à la fois dans toutes les directions sans qu'aucune d'elles soit privilégiée. L'absence d'électricité libre ou de phénomènes électriques sensibles ne permet donc pas de conclure à l'absence d'électrisation et l'on peut concevoir que cette absence soit plutôt exceptionnelle.

La théorie électronique de la matière est évidemment favorable à cette

conception. Toute modification matérielle entraînant une variation du moment électrique de l'atome doit être considérée comme donnant lieu à électrisation; les modifications qui peuvent intervenir sans variation de ce moment électrique étant caractérisées, au contraire, par l'absence d'électrisation.

Nous laisserons provisoirement de côté les transformations qui seraient accompagnées soit de courants de conduction, soit de phénomènes d'ionisation ou de désagrégation atomique.

II. Partageons notre système en éléments de volume dont nous désignerons les températures par Θ_1, Θ_2, ...

Soient $+dm_1$ et $-dm_1$ les charges élémentaires simultanément développées dans l'élément dont la température est Θ_1. Soient, en outre, q_1, q'_1, q''_1, ..., les autres paramètres dont dépend l'état de cet élément.

Notre analyse s'étendra au cas très général où les charges dm_1, dm_2, ..., s'expriment en fonction des modifications sensibles correspondantes par des relations de la forme

$$\text{(1)} \quad \begin{cases} dm_1 = A_1\,dq_1 + A'_1\,dq'_1 + \ldots + M_1\,d\Theta_1, \\ dm_2 = A_2\,dq_2 + A'_2\,dq'_2 + \ldots + M_2\,d\Theta_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

les coefficients A et M pouvant être en général fonctions, non seulement des paramètres q et Θ, mais aussi des vitesses de déformations $\frac{dq}{dt}$ et $\frac{d\Theta}{dt}$.

La première des relations (1) permet de considérer dm_1 comme la somme des charges $A_1\,dq_1$, $A'_1\,dq'_1$, ..., $M_1\,d\Theta_1$ respectivement développées dans l'élément de volume considéré par les modifications dq_1, dq'_1, ..., $d\Theta_1$. De même, la charge simultanée $-dm_1$ peut être regardée comme la somme des charges $-A_1\,dq_1$, $-A'_1\,dq'_1$, ...

Or l'apparition simultanée des charges $+A_1\,dq_1$ et $-A_1\,dq_1$ constitue un courant de déplacement proportionnel à $A_1\frac{dq_1}{dt}$. Les expériences de Naccari et Bellati, Borgmann, Steinmetz, Kleiner, Eister, etc., ont montré qu'il y a dissipation d'énergie, sous forme de dégagement de chaleur, dans le diélectrique d'un condensateur soumis à un champ alternatif. Cette perte d'énergie est proportionnelle au carré de la différence de potentiel maxima entre les armatures (Borgmann, Steinmetz, Eister).

L'analogie de cette loi avec celle qui régit le dégagement de chaleur dans un conducteur parcouru par un courant alternatif conduit à admettre qu'un

courant de déplacement tel que $A_1 \frac{dq_1}{dt}$ est toujours accompagné, dans les diélectriques, d'un dégagement de chaleur (que nous proposons d'appeler *chaleur de Siemens*) [1] proportionnel au carré du courant, c'est-à-dire à $A_1^2\left(\frac{dq_1}{dt}\right)^2$, ce dégagement pouvant être nul si $A_1 = 0$, ou si $\frac{dq_1}{dt} = 0$.

On obtient alors les résultats suivants :

Si les $\frac{dq}{dt}$ et les $\frac{d\theta}{dt}$ sont tous infiniment petits (transformation réversible), la chaleur de Siemens, composée de termes proportionnels aux $A^2\left(\frac{dq}{dt}\right)^2$ et aux $M^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2$, c'est-à-dire du second ordre, devra être considérée comme nulle.

Réciproquement, supposons nulle la chaleur de Siemens. Deux cas sont à distinguer.

Premier cas. — *Tous les coefficients* A *et* M *sont différents de zéro (cas général).* — Dans ce cas, tous les $\frac{dq}{dt}$ et $\frac{d\theta}{dt}$ sont négligeables, c'est-à-dire infiniment petits ou nuls, en même temps que la chaleur de Siemens : la transformation est réversible.

Deuxième cas. — *Quelques-uns des coefficients* A *ou* M *sont nuls.* — Dans ce cas, les quotients $\frac{dq}{dt}$ et $\frac{d\theta}{dt}$ relatifs aux coefficients nuls peuvent être finis et différents de zéro (transformation irréversible) sans apparition de chaleur de Siemens. La transformation considérée n'entraîne alors aucune électrisation [2].

Si l'on rapproche ces résultats des énoncés thermodynamiques connus, on voit que, pour les transformations non accompagnées de conduction, d'ionisation ou de désagrégation atomique, la chaleur de Siemens se mani-

---

(1) Du nom du physicien qui paraît l'avoir observée pour la première fois : Siemens, *Monatsber. d. Berl. Akad.*, octobre 1861.

(2) Soient en effet A_i ou M_i les coefficients nuls, A_j et M_j ceux différents de zéro. La chaleur de Siemens étant nulle, les $\frac{dq_j}{dt}$ et $\frac{d\theta_j}{dt}$ sont infiniment petits ou nuls, mais les $\frac{dq_i}{dt}$ et $\frac{d\theta_i}{dt}$ peuvent être tous différents de zéro. Les dq_j et $d\theta_j$ sont alors négligeables devant les dq_i et les $d\theta_i$. Tous les $A\,dq$ et $M\,d\theta$ sont donc nuls et par suite aussi tous les dm.

feste ou disparaît précisément dans les mêmes conditions que la chaleur non compensée, les transformations irréversibles ne donnant pas lieu à électrisation étant assimilables aux transformations irréversibles sans frottement ni viscosité envisagées par M. Duhem et M. Amagat.

Nous sommes donc conduits à assimiler, dans ces conditions, la chaleur non compensée à de la chaleur de Siemens, comme elle essentiellement positive.

PHYSIQUE. — *Sur un procédé d'observation des trajectoires suivies par les éléments d'un courant d'air gêné par des obstacles de formes variables.* Note de M. A. LAFAY, présentée par M. Maurice Hamy.

Dans l'étude de l'écoulement de l'air autour des corps, il est de la plus haute importance de pouvoir déterminer les directions prises par ce fluide en des points convenablement choisis dans le champ aérodynamique. La méthode habituellement employée consiste à promener, dans le courant, de minuscules girouettes ou, plus simplement, un bout de fil souple et fin fixé à l'extrémité d'une tige. Pour obtenir une plus grande précision, on est obligé d'avoir recours à des dispositifs analogues à ceux qui ont été imaginés par Marey à l'occasion de ses recherches, aujourd'hui classiques, sur le mouvement de l'air [1]. On a également pu, dans certains cas, utiliser des phénomènes optiques basés sur les variations de réfrangibilité que l'air éprouve quand on élève sa température. De belles applications de ce genre ont été, en particulier, réalisées par M. Tanakadaté pour étudier le mouvement tourbillonnant provoqué dans l'air par une petite hélice fonctionnant au point fixe [2].

Le procédé que je vais indiquer dans cette Note se prête, lorsqu'il est nécessaire, à l'exécution d'expériences aussi délicates que celles du savant japonais que je viens de citer; il peut être également mis en œuvre avec autant de commodité que la méthode du fil, tout en donnant des résultats bien supérieurs, lorsqu'il s'agit de procéder à une exploration générale d'un courant.

Il est basé sur l'emploi du gaz acétylène qui est actuellement un produit commercial courant et qui peut être obtenu facilement dans les laboratoires

(1) MAREY, *Chronophotographie du mouvement de l'air* (*Journal de Physique*, 4e série, t. I, p. 129).

(2) *Comptes rendus*, 18 juillet 1910, p. 211.

les plus modestement outillés. Ce gaz, dont la densité est très voisine de celle de l'air, présente l'énorme avantage d'avoir un indice relatif élevé, de telle sorte qu'il suffit d'éclairer un jet d'acétylène dans l'air, avec une source lumineuse peu étendue, pour voir apparaître, sur un écran placé au delà, la silhouette du jet qui se détache comme une bande brillante bordée par deux lignes sombres.

Si, à l'aide d'un tube de faible section (2^{mm} à 3^{mm}), on introduit ce jet dans le vent d'une soufflerie, la projection lumineuse correspondante prend différents aspects suivant la vitesse que le filet d'acétylène possède à sa sortie. Si cette vitesse est inférieure à celle du courant dans lequel on l'introduit, le jet se trouve presque immédiatement absorbé par l'air, et l'image obtenue rappelle la forme de la flamme d'un brûleur Bunsen; dans le cas contraire, le jet s'étale en forme de plumeau. En égalisant les vitesses de l'acétylène et de l'air, on obtient une ligne lumineuse dont la longueur est d'autant plus grande que le vent présente un moins grand degré de *turbulence*. Avec un courant d'air parfaitement régulier, on pourrait presque réaliser le filet idéal des théoriciens; il n'en est malheureusement pas ainsi dans le cas où l'air est mis en mouvement par un ventilateur dont les ailes brassent énergiquement le fluide et produisent des effets nuisibles bien difficiles à atténuer.

D'ailleurs l'aspect même du jet explorateur permet de se rendre compte du degré de régularité du vent, et l'on peut avantageusement substituer cet examen optique à la méthode acoustique, basée sur l'emploi du microphone, dont j'ai fait usage dans un précédent travail [1].

Le débit de l'acétylène ayant été réglé de manière à donner au jet le maximum de longueur, il suffit de transporter ce dernier dans le voisinage des obstacles placés dans le vent pour voir sa silhouette s'incurver et dessiner la perspective des trajectoires que l'on désire étudier.

L'observation directe sur l'écran donne l'impression d'un trait continu, dont l'intensité s'égalise progressivement avec celle des régions voisines et qui s'évanouit après un parcours plus ou moins long suivant que l'on se trouve dans une région plus ou moins troublée.

La réalisation de photographies obtenues avec une étincelle électrique montre souvent que l'extrémité du trait est discontinue et se compose d'une série de nébulosités analogues à des flocons de fumée. Cet effet n'est pas dû à la diffusion normale de l'acétylène dans l'air, mais à la turbulence

---

[1] *Comptes rendus*, 11 juillet 1910.

du courant; avec un vent faible et régulier, 2^{mm} à 3^{mm}, tel que celui qui s'établit parfois dans un couloir réunissant les deux faces d'un édifice, on obtient des jets qui restent continus sur une longueur de 15^{cm} à 20^{cm}; s'il était possible d'augmenter la vitesse de l'air sans altérer la régularité du courant, il est vraisemblable qu'on augmenterait dans le même rapport la longueur du filet d'acétylène.

Si par excès de précaution on désirait n'introduire dans l'air que du gaz ayant rigoureusement la même densité, on y parviendrait en refroidissant l'acétylène à une trentaine de degrés au-dessous de la température ambiante ou en lui ajoutant de l'acide carbonique; environ 3^{l} de CO^2 pour 8^{l} de C^2H^2.

L'indice de ce mélange est suffisant pour qu'on obtienne les mêmes effets optiques.

Enfin, pour des expériences de cours, on peut substituer avantageusement à l'acétylène de l'éthylène qui ne répand pas une odeur désagréable et a un indice encore plus élevé.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'extensibilité du caoutchouc vulcanisé.* Note de MM. Chéneveau et Heim, présentée par M. H. Léauté.

L'un de nous (F. Heim, *Recherches scientifiques sur les matières premières*, Paris, 1901, p. 74) a antérieurement fait connaître qu'on pouvait relier l'allongement total y d'une éprouvette de caoutchouc vulcanisé à la charge x qui le provoque, par une relation de la forme

$$y = cx + a \sin^2 bx; \tag{1}$$

c, a, b sont des coefficients dépendant de la nature du caoutchouc considéré; ils caractérisent respectivement l'allongement initial, l'allongement moyen et l'allongement limite.

On sait que l'allongement total est, pour une charge donnée, proportionnel à la longueur initiale l de l'éprouvette (Stewart). Nous avons trouvé qu'il varie en raison inverse de l'aire s de la section transversale.

Le coefficient c est relié, lui aussi, à la longueur et à la section par une relation $c = k\frac{l}{s}$. L'expérience montre que le coefficient a est également de la forme $a = \alpha\frac{l}{s}$, tandis que le coefficient b est indépendant des dimensions de l'éprouvette.

L'équation (1) de la courbe d'extensibilité peut donc être transformée, par l'introduction des constantes spécifiques k et α, et donne, dans ce cas, l'allongement y en centimètres, d'une éprouvette de longueur et de section unités, sous l'influence d'une charge x, exprimée en kilogrammes.

$$y = kx + \alpha \sin^2 bx. \tag{2}$$

Nous avons vérifié, sur un grand nombre de caoutchoucs d'origines diverses, vulcanisés dans des conditions différentes, que les équations (1) ou (2) représentent bien la formule générale de la courbe caractéristique d'extensibilité, courbe en forme d'S plus ou moins allongée.

L'expérience montre que meilleur (d'après l'appréciation industrielle empirique) est le caoutchouc, plus élevées sont les constantes k et α, caractéristiques de l'allongement initial et de l'allongement moyen; on peut donc classer, dans l'ordre même de leur valeur empiriquement déterminée, et caractériser numériquement les divers caoutchoucs vulcanisés, d'après la simple considération de ces deux constantes.

Nous avons reconnu que les coefficients k, α et b varient avec les tractions successives, subies par une même éprouvette; ce n'est guère qu'à partir de la troisième traction, que le caoutchouc vulcanisé possède des propriétés élastiques stables.

La constante b paraît, d'une manière générale, croître en proportion de la valeur du caoutchouc, mais la détermination de cette constante ne conduit pas, quant à la caractérisation de la valeur des caoutchoucs, à des conclusions aussi nettes que la détermination des constantes k et α.

La loi d'extensibilité reste vraie jusqu'à la charge de rupture X, laquelle est exprimée par unité de section; l'allongement total limite pour une éprouvette de longueur et de section unités sera, en conséquence, de la forme

$$Y = kX + \alpha \sin^2 bX.$$

L'expérience montre que le produit bX prend des valeurs croissantes, à mesure que la qualité du caoutchouc diminue; la considération de cette constante permet de classer les caoutchoucs dans le même ordre, au point de vue de leurs qualités, que celui indiqué par les constantes k et α; il en résulte que l'allongement Y va constamment en diminuant, lorsqu'on passe d'un caoutchouc bon à un caoutchouc de plus en plus médiocre.

La détermination expérimentale des constantes k, α et bX permet de caractériser, d'une manière absolument précise, un caoutchouc déterminé.

Comme il est loisible de soumettre tout caoutchouc à des essais comparatifs de vulcanisation, il devient facile de déterminer, à l'aide de constantes d'extensibilité, les conditions optima de la vulcanisation de chaque gomme et la valeur respective de chaque gomme à l'état cru. C'est dans le but de fixer les conditions d'application de la méthode d'essai des caoutchoucs par extension, que le Service des recherches sur le caoutchouc, à l'Office colonial, a poursuivi l'étude résumée ci-dessus.

Au point de vue théorique, la considération de la forme de la courbe d'extensibilité conduit à une hypothèse sur la constitution moléculaire du caoutchouc vulcanisé.

La courbe d'extensibilité se laisse décomposer en trois parties distinctes, correspondant chacune aux allongements initial, moyen et limite; le caoutchouc semble se comporter, pendant le travail d'extension, comme une matière à molécules formées d'un noyau à forte ténacité, à extensibilité très faible et d'une enveloppe molle, à faible ténacité, à extensibilité forte.

L'allongement initial du caoutchouc correspondrait à l'extension de la matière enveloppante, seule sollicitée par des faibles efforts de traction; l'allongement moyen correspondrait à l'extension simultanée et inégale de l'enveloppe et du noyau sous l'influence de charges croissantes; enfin l'allongement limite, qui précède la rupture, correspondrait, sous l'influence des fortes charges, à la déformation très limitée de la substance nucléaire.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure des liquides à coniques focales.* Note de MM. G. **Friedel** et F. **Grandjean**, présentée par M. Pierre Termier.

Les observations de M. Mauguin [1] sur l'azoxyphénétol, en lumière convergente, ont mis hors de doute que le liquide et ses congénères (liquides à noyaux) sont biréfringents dans toute leur masse, contrairement à ce que tendaient à faire croire nos premières observations [2].

En employant le corps très pur, entre verres soigneusement nettoyés et en évitant tout déplacement relatif des verres, on parvient à transformer chaque cristal solide en une masse liquide biréfringente et optiquement homogène. Si l'on ne prend pas minutieusement ces précautions, on observe les plages que nous avons décrites. Toutes

---

(1) *Comptes rendus*, 14 novembre 1910.

(2) *Comptes rendus*, 25 juillet 1910.

les propriétés optiques de ces plages s'interprètent en admettant, avec M. Mauguin, pour le liquide biréfringent qui adhère aux verres par des pellicules excessivement minces que la fusion isotrope elle-même laisse intactes, une structure hélicoïdale raccordant entre elles d'une manière continue les sections principales des deux pellicules superficielles.

Nous avons retrouvé dans l'azoxybenzoate d'éthyle et ses congénères (liquides à coniques focales) le fait observé par M. Mauguin. Lorsqu'on fait fondre avec précaution une masse cristalline d'azoxybenzoate comprise entre deux verres, chaque cristal solide, biaxe positif et ayant sa bissectrice positive normale à l'allongement, se transforme en une masse liquide sensiblement homogène au point de vue optique, très biréfringente, uniaxe positive et dont l'axe est normal à l'allongement sans coïncider d'ailleurs avec la bissectrice du cristal solide ni, en général, avec la normale au verre. Les groupes de coniques focales fins et nombreux qui se montrent presque toujours dans ces plages, surtout sur les bords, et en troublent un peu l'homogénéité, se composent chacun d'un cercle et d'une droite normale. Toutes les droites sont parallèles, et dirigées suivant l'axe optique du liquide [1]. Il est certain, d'après ces observations, que ces liquides aussi sont biréfringents dans toute leur masse et ont en chaque point un ellipsoïde optique bien défini et de forme constante.

Dans les plages ordinaires non homogènes, contenant des groupes de coniques focales de formes et d'orientations variées, la structure devient trop compliquée pour que l'on puisse en général la démêler directement. Toutefois l'observation, en lame mince, des plages dans lesquelles l'orientation optique ne varie pas trop rapidement, confirme bien la constance du caractère uniaxe positif. D'autre part, le fait suivant permet de se rendre compte de la structure du liquide à coniques.

Lorsqu'on le fait passer à l'état solide, l'azoxybenzoate cristallise en grands cristaux qui, s'avançant à travers la masse, détruisent totalement la structure du liquide à coniques. Il n'en est pas de même pour l'azoxycinnamate d'éthyle ou mieux pour les mélanges plus aisément observables d'azoxybenzoate avec une très faible proportion d'azoxycinnamate. Ces liquides, qui ne cristallisent qu'en éléments cristallins très petits, se transforment par refroidissement en une masse vermiculée. Or cette masse *con-*

---

[1] Plus généralement, si l'ensemble des groupes focaux sépare deux plages liquides d'orientations différentes, les hyperboles se raccordent, de part et d'autre de cet ensemble, avec les axes optiques des deux plages.

serve la trace de la structure du liquide à coniques. Ses éléments cristallins s'enroulent autour des coniques focales, de sorte que tout point d'interruption d'une conique à la surface de la masse devient le centre d'un système de stries concentriques bien visibles à la surface, et que dans toute l'épaisseur du solide on continue ainsi d'apercevoir les coniques du liquide, qui n'ont point changé de forme ni de position. Elles sont seulement moins nettes, moins fines, et il est manifeste que la cristallisation, quoique dirigée par la structure du liquide, ne suit qu'assez grossièrement les orientations qui lui sont ainsi imposées. Néanmoins, dans l'ensemble toujours, et le plus souvent jusque dans les très petits détails, la masse liquide se fige ainsi en un solide cristallin dont l'orientation est déterminée, en chaque point, par celle du liquide. Cela est confirmé par l'observation suivante : si, après solidification, on revient à l'état liquide anisotrope, on retrouve les coniques aux mêmes places et le liquide reprend la même structure qu'avant la cristallisation. L'opération peut être répétée un nombre quelconque de fois sans modification notable des détails de structure du liquide ni du solide. Il y a seulement, après chaque cristallisation et retour à l'état liquide, apparition de quelques très petits groupes de coniques, troubles locaux évidemment déterminés par la tendance des éléments cristallins à croître en ligne droite en échappant plus ou moins à l'action directrice du liquide. Mais les coniques initiales subsistent toujours.

L'observation de la masse solide permet ainsi de reconnaître la structure du liquide. On constate que chaque conique est un axe d'enroulement comparable au centre d'un sphérolithe ou mieux à l'axe d'une stalactite, et que les sections de ces enroulements sont circulaires dans le plan de l'ellipse et dans celui de l'hyperbole, à l'intérieur du domaine du groupe de coniques focales, tel que nous l'avons antérieurement défini (limité par les 2 ou 4 cônes de révolution ayant leur sommet à l'extrémité de chaque branche de conique et s'appuyant sur l'autre). Il en résulte que, dans l'intérieur du domaine d'un groupe de coniques focales, les sections principales du liquide sont tangente et normale (l'axe optique normal) en chaque point à une *cyclide de Dupin* appartenant à la famille de cyclides parallèles définie par les deux coniques. Il y a là une généralisation bien inattendue de la notion de sphérolithe.

Dans le cas particulier où les coniques focales se réduisent à un cercle et une droite, la structure est régie par la famille de tores définis par ces deux éléments.

On comprend ainsi ce que sont ces singulières coniques : ce sont des axes

d'enroulement de la matière anisotrope et, par suite, des lignes de discontinuité optique. C'est pourquoi elles sont visibles, même en lumière naturelle, et plus accentuées dans les liquides plus biréfringents. On explique entièrement aussi pourquoi elles sont plus accentuées vers le sommet et notamment pourquoi l'hyperbole s'efface en approchant des asymptotes : dans cette région, en effet, il y a enroulement autour de l'axe optique, c'est-à-dire que la discontinuité *optique* disparaît. Ce qui conduit à considérer les plages d'apparence homogènes, dans lesquelles viennent se perdre de nombreuses branches d'hyperboles parallèles, comme homogènes au seul point de vue optique et composées d'éléments qui n'ont qu'une seule direction commune, celle qui correspond à l'axe optique. La structure est par suite très différente de celle de la matière cristallisée homogène.

En dehors des domaines, qui ne remplissent pas tout l'espace, la structure de la masse solidifiée indique un raccordement continu des orientations, raccordement dont les lois restent à établir.

BOTANIQUE. — *Un nouveau Champignon pathogène pour l'Homme*. Note de M. **Louis Matruchot**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Pendant longtemps, à la suite des travaux de Pasteur et de ses élèves, ce furent surtout les maladies causées par des Bactéries qui fixèrent l'attention des médecins et des biologistes. Il est cependant d'autres agents pathogènes dont le rôle, longtemps méconnu, est important : de ce nombre sont les Champignons parasites agents des mycoses. Mais, si l'on en excepte les dermatomycoses, plus anciennement et mieux connues, on peut dire que l'étude des mycoses est encore presque entièrement à faire et qu'il y a là un vaste domaine à explorer.

A côté des sporotrichoses, dont les agents sont des *Sporotrichum* (1) et formes voisines, et dont de récentes recherches, en particulier celles de de Beurmann et Gougerot, ont montré la fréquence et l'importance insoupçonnées jusqu'ici, il convient de placer un type nouveau de mycose, que ses caractères cliniques semblent rapprocher des sporotrichoses, mais dont l'agent est un Champignon non encore décrit, auquel je donne le nom de

(1) Matruchot et Ramond, *Bull. Soc. Biologie*, novembre 1905. — Matruchot, *Comptes rendus*, 28 février 1910.

Mastigocladium Blochii [1] et qui me paraît différer assez profondément des *Sporotrichum*.

Ce Champignon a été isolé, chez l'Homme, de chancres verruqueux d'inoculation des deux mains et des coudes, avec lymphangite gommeuse ascendante des deux bras. Les cultures, obtenues en prélevant aseptiquement un peu du contenu liquide de gommes sous-cutanées fermées, se sont d'emblée montrées pures, et il n'y avait pas d'autres germes dans les lésions : le Champignon isolé est donc bien l'agent de la maladie observée.

Le *Mastigocladium Blochii* Matr. présente, dans les cultures jeunes sur milieux artificiels, tous les caractères d'une Mucédinée, c'est-à-dire d'un Champignon filamenteux à mycélium cloisonné et incolore, et dont la reproduction se fait uniquement par conidies. Parmi les Mucédinées hyalosporées, il se place au voisinage des Verticilliées ; mais ses caractères spéciaux le font différer de tous les genres actuellement connus.

Le mycélium est fin (diamètre $0^{\mu},5$ à $1^{\mu},5$), cloisonné, peu ramifié, tendant manifestement à s'agréger. Sur le mycélium stérile rampant se dressent des rameaux différenciés qui donnent naissance aux conidies. Les conidiophores, toujours simples, s'insèrent sur le mycélium par une base assez large, présentant néanmoins une légère constriction ; ils ont une forme conique très allongée et se terminent par une pointe très effilée à l'extrémité de laquelle se forme, suivant le mode centripète, un chapelet indéfini de conidies.

Les spores restent très longtemps adhérentes l'une à l'autre si l'atmosphère est sèche ; elles figurent assez bien la lanière toruleuse d'un fouet dont le conidiophore serait le manche : c'est cette particularité, très frappante, que tend à rappeler le nom de *Mastigocladium*. A maturité et sous l'influence de l'humidité les spores se désagrègent et se détachent les unes des autres par le jeu d'un disque de callose qui s'observe dans chaque isthme séparant deux spores consécutives.

Si la forme générale du filament conidiophore est assez constante et caractéristique, ses dimensions, ainsi que le nombre et les dimensions des conidies, le sont moins. La longueur du conidiophore varie de 20^{μ} à 30^{μ}; les spores, de forme ovale, ont 3^{μ}-4^{μ} de long sur $1^{\mu},5$-2^{μ} de large ; leur nombre dans un même chapelet est très grand et indéterminé.

Si l'on s'en tenait aux seuls caractères de la forme Mucédinée qui vient d'être décrite, il serait difficile et assez vain de rechercher les affinités de ce champignon avec les autres Mucédinées. Tout au plus pourrait-on dire qu'il s'éloigne franchement des Oosporées et se rapproche des *Spicaria*. Mais, pour des raisons qu'il serait trop long de développer ici, je crois plutôt que les affinités réelles le rattachent à certaines formes dont les spores nom-

---

[1] En hommage à M. le Dr Bruno Bloch, privat-docent à l'Université de Bâle, qui a, le premier, isolé ce Champignon et a bien voulu, par l'obligeant intermédiaire de M. le professeur Gougerot, m'en confier l'étude.

breuses, gélifiant tôt leur paroi, sont, à maturité, réunies en glomérules, à l'extrémité des rameaux. C'est, en un mot, au voisinage des *Cephalosporium* et des *Verticillium* que se placerait, dans une classification naturelle, le *Mastigocladium Blochii*.

Cette dernière manière de voir trouve d'ailleurs une justification remarquable dans une formation nouvelle que j'ai pu observer sur des cultures très évoluées du champignon. On observe, en effet, dans ces cultures, des masses compactes, charnues et luisantes, de couleur crème, affectant la forme de bouteilles à col gros, court et fermé. Nées en groupe, sur un stroma commun, ces masses, bien que ne présentant encore que la forme conidienne à leur surface, me paraissent être le début d'une formation de périthèces sur un stroma, et ce début rappelle en tous points ce qu'on observe chez les Hypocréacées : or, précisément, les Verticilliées sont, pour la plupart, des formes conidiennes d'Hypocréacées. L'avenir dira si cette manière de voir est exacte.

En tout cas, il me paraît dès maintenant possible d'affirmer que le *Mastigocladium Blochii* est un Champignon Ascomycète de la famille des Hypocréacées, connu seulement sous une forme conidienne mucédinée et sous une forme de stroma à nombreux pseudopérithèces conidiens.

On connaît déjà, chez les Hypocréacées, des parasites d'Insectes (*Cordyceps*); mais le *Mastigocladium Blochii* est le premier Champignon de cette famille qui soit signalé comme vivant en parasite sur l'Homme; on ne connaît même aucune Hypocréacée qui soit parasite des Vertébrés.

Si, comme il y paraît au premier abord, ce Champignon est sans affinités réelles avec les *Sporotrichum*, la maladie qu'il provoque doit différer assez profonment des sporotrichoses pour constituer un type pathologique nouveau qui pourrait, par exemple, recevoir le nom de *cladiose*. Si, au contraire, une parenté réelle avec les *Sporotrichum* pouvait être établie, il s'ensuivrait que les agents des sporotrichoses se rattachent aux Champignons de la famille des Hypocréacées, et ce serait là une notion biologique nouvelle fort importante.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les phytostérols dextrogyres de l'*Anthemis nobilis (*anthestérols*). Note de M. T. **Klobb**, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail précédent ([1]) j'ai établi que le phytostérol de la camomille romaine (anthestérol) donnait sous l'influence du chlorure de benzoyle trois benzoates différents dont, par saponification, on pouvait extraire un

---

([1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XVIII, 1909.

anthestérol α (F. 221°-223°) et un anthestérol β à double point de fusion (F. 160°-164° et 190°-195°). L'anthestérol α ainsi obtenu pouvait, par une nouvelle benzoylation, donner à son tour des proportions variables de α et de β, ce qui établissait l'isomérie des deux anthestérols. Mais, d'autre part, l'action du brome sur l'anthestérol donne un produit bromé à composition variable ([1]); on pouvait donc se demander si le phytostérol brut ne renfermait pas en même temps un alcool différent. On sait, en effet, que plusieurs phytostérols gauches sont des mélanges en proportion variable d'alcools monovalents se combinant soit à Br^2, soit à Br^4 [Windaus et Hauth ([2]), Matthes et Rohdich ([3]), Cohen ([4])].

D'autres faits, difficiles à expliquer, que j'avais signalés précédemment pour l'anthestérol, semblaient également indiquer un mélange. Pour résoudre la question, j'ai transformé le phytostérol en acétate, séparé les diverses fractions, puis traité chacune d'elles par du brome pour former des acétates bromés. On devait d'ailleurs arriver ainsi à établir une formule plus exacte; la formule $C^{28}H^{48}O$ primitivement adoptée, et basée uniquement sur l'analyse de l'alcool et de son benzoate, ne pouvait être considérée que comme une première approximation. J'ai déjà insisté d'ailleurs sur ce point ([5]).

L'anthestérol extrait par l'éther de pétrole s'obtient pur et exempt d'hydrocarbure $C^{30}H^{62}$ si l'on opère dans certaines conditions bien définies ([6]). Il retient 10,51 pour 100 d'eau qui se dégagent à 100°, fond vers 195°, $\alpha_D = +79°,4$ à l'état anhydre (chloroforme). Par traitement avec 3 parties d'anhydride acétique, il donne un produit blanc ($\alpha_D = +83°$). Cet acétate brut étant repris successivement par de l'alcool et de l'acétone fournit finalement trois fractions :

A. Lamelles hexagonales (F. 245°-248°; $\alpha_D = +91°,2$).
B. Lamelles hexagonales (F. 225°-230°; $\alpha_D = +73°,9$).
C. Cristaux confus (F. 185°-195°).

([1]) Klobb, *Bull. Soc. chim.*, t. XXVII, 1902.

([2]) *Berichte*, t. XXXIX, 1906.

([3]) *Berichte*, t. XLI, 1908.

([4]) *Chemische Weekblad*, 1909.

([5]) Les alcools cholestériques d'origine végétale ou phytostérols (*Bull. des Sciences pharmacologiques*, 1910, p. 274).

([6]) *Bull. Soc. chim.*, 1910, p. 949. Après l'extraction à l'éther de pétrole, on peut encore retirer de la camomille une nouvelle portion de phytostérol, qui, ainsi que je le montrerai prochainement, est différent.

Par saponification la fraction A donne l'anthestérol α (F. vers 220°; $\alpha_D = +89°$ (chloroforme)]; la fraction B l'anthesthérol β; enfin le produit C donne des aiguilles possédant également un point de fusion double (158°-160° et 185°-190°).

Fraction A. — Traitée par du brome elle fournit deux dérivés ayant la même composition et un point de fusion voisin de 180°, mais ayant des pouvoirs rotatoires différents (on les sépare par $C^6H^6 + CH^4O$), soit $\alpha_D = +133°$ pour le produit le moins soluble et $\alpha_D = +58°,8$ pour le produit le plus soluble (¹). Le dosage de C et H a donné (moyenne de 5 analyses) C = 70,52; H = 9,46; pour Br on a trouvé 14,09 pour 100. En combinant ces analyses avec celles de l'acétate on arrive pour l'acétate bromé A à la formule $C^{31}H^{50}BrO(C^2H^3O)$ qui exige C = 70,59; H = 9,44; Br = 14,26; et pour l'alcool lui-même à la formule

$$C^{31}H^{52}O,$$

cet alcool donnant ainsi avec le brome un dérivé *monobromé de substitution.*

Fraction B. — Donne avec le brome un acétate bromé qui ne cristallise pas, comme la précédente, dans le mélange $C^6H^6 + CH^4O$. On le purifie par l'éther (F. 170°-175°).

L'analyse a donné (moyenne) C = 61,79; H = 8,35; Br = 24,77; d'où pour l'acétate bromé:

$$C^{31}H^{51}OBr^2(C^2H^3O),$$

l'alcool $C^{31}H^{52}O$ donnant ici un dérivé *bibromé d'addition.*

Fraction C. — Elle fournit un acétate bromé cristallin, qui, par dissolution dans $C^6H^6 + CH^4O$, se sépare encore en deux portions de composition différente. La première n'est autre que l'acétate bromé A; la seconde possède la même composition qu'un mélange d'environ 55 pour 100 de A et 45 pour 100 de B (trouvé, moyenne : C = 66,0; H = 8,7; Br = 21,7).

En résumé l'anthestérol paraît être une substance unique répondant à la formule $C^{31}H^{52}O + 3H^2O$ (calculé, H^2O, 10,58 pour 100; trouvé 10,51). C'est donc un homologue supérieur de l'*amyrol* ou amyrine $C^{30}H^{50}O$ et de la *paltreubine* $C^{30}H^{50}O$ de MM. Jungfleisch et Leroux (²). De même que la paltreubine optiquement inactive, l'anthestérol brut, qui donne au microscope l'impression d'une substance homogène, se scinderait sous l'influence de l'anhydride acétique en alcools isomères qui sont ici au nombre de trois, tous dextrogyres. Les deux premiers donnent un dérivé monobromé de substitution, se comportant en cela comme l'amyrol; mais

(¹) Pouvoirs rotatoires dans la benzine pour les dérivés bromés.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 1907.

le troisième alcool aurait une constitution analogue à celle des phytostérols gauches, puisqu'il peut donner comme ceux-ci un dérivé bibromé d'addition.

Au surplus les faits qui viennent d'être énoncés prouvent surabondamment que le lupéol et l'anthestérol sont des substances bien différentes, contrairement à ce qu'avait cru établir précédemment M. Cohen [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du ferment bulgare sur les acides monobasiques dérivés des sucres réducteurs.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **R. Veillon**, présentée par M. E. Roux.

Parmi les microbes qui transforment les sucres en acide lactique, celui qui provient du Yoghourt, ou lait caillé de Bulgarie, est peut-être le plus typique : il agit avec une grande rapidité, résiste plus qu'aucun autre à l'acidité produite et donne presque les rendements prévus par la théorie [2]. Il semble donc tout désigné pour une étude approfondie de la fermentation lactique. Des expériences antérieures ont déjà montré que le ferment bulgare limite son action à certaines espèces sucrées : il ne transforme, en dehors du lactose qui se rencontre dans son milieu naturel, que le glucose, le galactose, le mannose et le lévulose [3].

Dans cette transformation, le lactose est d'abord hydrolysé en glucose et galactose par une diastase contenue dans l'intérieur des cellules microbiennes, l'endolactase, de sorte qu'en définitive la réaction essentielle de la fermentation lactique se ramène toujours à la scission de 1^{mol} d'un hexose en 2^{mol} d'acide lactique

$$C^6H^{12}O^6 = 2C^3H^6O^3.$$

Il était tout naturel de chercher si le ferment bulgare, mis en contact, non plus avec ces hexoses, mais avec les acides monobasiques qui leur correspondent, pourrait encore produire de l'acide lactique.

Nous avons essayé les trois acides gluconique, galactonique et mannonique, à l'état de sel de calcium.

---

(1) *Archiv. der Pharmazie*, t. CCXLVI, 1908, p. 520.

(2) Gab. Bertrand et G. Weisweiller, *Ann. Inst. Pasteur*, t. XX, 1906, p. 977.

(3) Gab. Bertrand et F. Duchacek, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1338 et *Ann. Inst. Pasteur*, t. XXIII, 1909, p. 402.

Le milieu de culture, l'origine du microbe et le mode opératoire ont été les mêmes que dans les expériences sur les sucres [1], c'est-à-dire que l'on a opéré avec une décoction de touraillons additionnée de peptone et de 1 à 5 pour 100 de l'une des substances essayées, en présence d'un poids connu de carbonate de calcium. Après stérilisation à +120°, les tubes ont été ensemencés avec une culture très active et maintenus à des températures comprises, suivant les expériences, entre +30° et +35°. On a toujours préparé, en même temps, des tubes témoins sans addition de sel organique de calcium. Ces tubes témoins ont permis de tenir compte de la petite quantité de matières fermentescibles que contient la décoction de touraillons peptonée.

Pour mettre fin aux expériences et en apprécier les résultats, les tubes de cultures ont été chauffés pendant quelques minutes au bain-marie bouillant, puis on a recueilli sur un filtre et dosé, par la méthode volumétrique indirecte, le carbonate de calcium indissous. La quantité d'acide lactique, quand il s'en était produit, pouvait alors se calculer d'après le poids de carbonate de calcium disparu au cours de la fermentation.

Nous avons trouvé, dans plusieurs séries d'expériences variées, que le poids de carbonate de calcium était exactement le même dans les tubes additionnés de gluconate, de galactonate ou de mannonate que dans les tubes témoins, ne renfermant pas ces composés. Le ferment bulgare ne produit donc pas d'acide lactique aux dépens des acides monobasiques qui dérivent des glucoses.

Nous avons essayé ensuite, en opérant de la même manière, le maltobionate et le lactobionate de calcium. Nous n'attendions pas, à la vérité, de résultat positif avec le premier de ces corps, puisqu'il provient d'un sucre, le maltose, vis-à-vis duquel le ferment bulgare est inactif, mais nous pensions que le lactobionate serait attaqué, qu'après son hydrolyse par l'endolactase en galactose et en gluconate de calcium, il fournirait du moins la quantité d'acide lactique équivalent au galactose libéré. Chose curieuse, pas plus le lactobionate que le maltobionate n'ont subi la plus petite transformation en acide lactique.

Nous avons alors eu l'idée de rechercher ce qui arriverait en cultivant le bacille bulgare dans un milieu contenant du glucose ou du lactose mélangé à l'un des sels de calcium énumérés plus haut. Voici ce que nous avons trouvé :

1° Dans les mélanges de *glucose* avec le gluconate, le galactonate, le mannonate ou le lactobionate de calcium, il y a eu formation d'acide lactique, mais seulement en proportion correspondant au poids de glucose

---

[1] Gab. Bertrand et F. Duchacek, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1338 et *Ann. Inst. Pasteur*, t. XXIII, 1909, p. 402.

présent. Ceci montre que les sels organiques ajoutés n'ont pas d'action toxique sur le microbe et confirme les résultats rapportés plus haut touchant leur infermentescibilité.

2° Dans les mélanges de *lactose* avec les mêmes sels, il s'est aussi formé de l'acide lactique, mais tandis que la quantité de cet acide correspondait seulement au poids de sucre lorsqu'il y avait du gluconate, du galactonate ou du mannonate de calcium, elle était beaucoup plus grande en présence de lactobionate. Autrement dit, dans le mélange de lactose et de lactobionate de calcium, il y avait eu entraînement du second corps par la fermentation lactique du premier. La proportion d'acide lactique produite aux dépens du lactobionate a varié, au cours de plusieurs séries d'expériences entreprises dans des conditions un peu différentes, de 23,6 à 71,0 pour 100 du poids de galactose virtuellement contenu dans le sel organique.

Comment peut-on interpréter ces résultats? A moins de faire intervenir l'imperméabilité de la membrane microbienne aux acides examinés, on doit penser que la substitution, dans les sucres réducteurs, du groupement — COOH au groupement — COH, suffit à rendre tout le reste de la molécule réfractaire à la fermentation lactique. Il est intéressant d'observer que cette substitution n'est pas inhibitrice de toutes fermentations : la bactérie du sorbose, en effet, oxyde l'acide gluconique aussi bien que le glucose (¹).

En ce qui concerne la transformation de l'acide lactobionique en présence du lactose, on peut l'expliquer en admettant que le ferment bulgare ne produit pas toujours de l'endolactase, mais seulement lorsqu'il se développe dans un milieu renfermant du sucre de lait. L'acide lactobionique, alors hydrolysé, donne une molécule d'acide gluconique infermentescible et une molécule de galactose transformable en acide lactique.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Mensurations comparées d'individus des deux sexes, appartenant à la population des asiles d'aliénés, et d'hommes et femmes dits* normaux. Note (²) de MM. **A. Marie** et **Mac Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les chiffres obtenus par ces mensurations ont été envisagés comme moyens, non seulement s'ils correspondaient aux chiffres indiqués comme

(¹) Gab. Bertrand, *Ann. Chim. et Phys.*, 8ᵉ série, t. III, 1904, p. 181-288.
(²) Présentée dans la séance du 30 janvier 1911.

moyens dans les Tableaux précédents, mais s'ils les dépassaient ou leur étaient inférieurs dans les proportions suivantes :

0m,02 pour la taille (la moyenne pour le Français étant 1m,6545 et pour la Française 1m,5820) ; 0m,02 pour l'envergure ; 0m,01 pour le buste ; 0m,005 pour la coudée ; 0m,003 pour le pied gauche ; 0m,002 pour la longueur de tête (diamètre antéro-postérieur maximum) ; 0m,0015 pour la largeur de tête (diamètre transverse maximum) ; 0m,0014 pour le médius ; 0m,0011 pour l'auriculaire ; 0m,0100 pour les membres inférieurs.

Résultats. — Le Tableau qui suit exprime le résultat de ces recherches :

		Moyenne quantitative			
		sur 100 soldats du 104e régiment d'infanterie	et sur 100 aliénés, épileptiques, etc. de l'asile de Villejuif. (Service du Dr A. Marie.)	sur 100 femmes françaises, dites *normales*,	et sur 100 aliénées, épileptiques, etc. de l'asile de Maison-Blanche. (Service des Drs Bonnet et Trénel.)
Taille	Petite...	40	49	35	62
	Moyenne.	17	20	32	22
	Grande..	43	31	33	16
Envergure	Petite...	12	17	38	25
	Moyenne.	20	33 (sur 97)	17	51 (sur 99)
	Grande..	68	47	27	23
Buste	Petit....	43	67	35	63
	Moyen...	33	23 (sur 98)	34	22
	Grand...	24	8	31	15
Membres inférieurs.	Petits...	21	16	21	16
	Moyens..	43	11	39	29
	Grands..	36	71	40	65
Coudée gauche....	Petite...	25	30	47	23
	Moyenne.	24	28 (sur 99)	32	29
	Grande..	51	41	21	48
Médius gauche....	Petit....	23	30	40	16
	Moyen...	26	27	29	32 (sur 99)
	Grand...	51	43	31	51
Auriculaire gauche.	Petit....	22	34	30	17
	Moyen...	29	21 (sur 96)	34	11 (sur 96)
	Grand...	49	41	36	58
Pied gauche.......	Petit....	18	55	59	18
	Moyen...	31	20 (sur 99)	23	28
	Grand...	51	24	23	54

		Moyenne quantitative			
		sur 100 soldats du 104e régiment d'infanterie et sur 100 aliénés, épileptiques, etc. de l'asile de Villejuif. (Service du Dr A. Marie.)		sur 100 femmes françaises, dites *normales*, et sur 100 aliénées, épileptiques, etc. de l'asile de Maison-Blanche. (Service des Drs Bonnet et Trénel.)	
Longueur de tête	Petite...	43	32	30	41
	Moyenne.	26	29	34	30
	Grande..	31	39	36	29
Largeur de tête	Petite...	40	32	21	43
	Moyenne.	26	25	42	20
	Grande..	34	43	37	37
Oreille droite	Petite...	49	29	36	21
	Moyenne.	7	7	13	18
	Grande..	44	64	51	61

Conclusions. — Les malades du milieu des asiles sont remarquables au point de vue morphologique par les caractères suivants :

La taille est en majorité petite. Ainsi qu'un de nous (Marie) l'avait déjà fait observer, « la débilité corporelle s'établit donc en parallèle de la débilité mentale ».

Le buste est en majorité petit, *dans des proportions considérables :* 67 pour 100 chez les malades de l'asile de Villejuif, 63 pour 100 chez les femmes de l'asile de Maison-Blanche.

Il est inutile d'insister sur l'importance de cette donnée, le tronc renfermant les organes de la nutrition, etc. L'atrophie du contenant implique celle du contenu; comme chez tous les infantiles par arriération physique, les dégénérés cérébraux compensent incomplètement l'insuffisance de stature par l'allongement des membres inférieurs; rien d'étonnant, par conséquent, à ce que dans les milieux d'aliénés les membres inférieurs soient grands dans l'immense majorité des cas : 71 sur 98 chez les hommes, 65 pour 100 chez les femmes.

On observe un balancement analogue dans certains cas de dégénérescences acquises (exemple : Eunichisme).

Le développement des *membres supérieurs* est également intéressant à étudier dans le milieu des asiles. C'est ainsi que chez l'homme normal le médius, l'auriculaire et la coudée sont grands dans la majorité des cas. Dans les asiles au contraire, chez les hommes, ces segments de membres sont beaucoup moins développés d'une façon générale (ce qui n'exclut pas quelques grandes envergures exceptionnelles).

Une loi inverse paraît diriger le développement des mêmes segments de

membres chez la femme. Chez la femme normale, le médius et la coudée sont en majorité petits. Dans le milieu des asiles au contraire, ces segments sont en majorité grands.

Il importerait de déterminer, avant d'interpréter ces données, l'ordre de l'évolution ontogénique des divers segments du squelette comparée selon les sexes : chez la femme moyenne l'arc scapulo-huméral reste en arrière de l'arc ilio-fémoral, à l'inverse du sexe mâle ; il y a probablement un corollaire correspondant du côté des membres afférents à ces arcs.

Les chiffres concernant le développement du pied sont aussi d'un très grand intérêt :

Sur 100 soldats, le pied est grand 51 fois et petit 18 fois.

Sur 100 aliénés le pied est petit 55 fois et grand 24 fois. Même observation pour les femmes.

Sur 100 femmes normales, le pied est petit 52 fois et grand 23 fois.

Sur 100 aliénées le pied est grand 54 fois et petit 18 fois.

Quant aux mensurations concernant la *tête*, elles indiquent une majorité de petites longueurs de tête chez les soldats, de grandes longueurs chez les aliénés.

De même les grandes longueurs de tête constituent la majorité chez la femme normale, alors qu'une proportion inverse s'observe chez les aliénées.

D'autre part les petites largeurs de tête ont été observées en majorité chez les soldats, alors que les grandes largeurs de tête ont été rencontrées en majorité chez les aliénés.

Chez les femmes normales, la largeur de tête était en majorité moyenne; chez les aliénées en majorité petite.

Toutefois les chiffres concernant les mensurations de la tête sont moins probants, ils indiquent des variations moindres que ceux qui ont trait au buste et aux membres.

Les mensurations du crâne reflètent l'évolution génétique de son contenu d'une façon plus relative que le tronc, étant donné que le développement encéphalique peut être en déficit prédominant dans telle ou telle sphère intellectuelle motrice, sensitive interne ou externe. Les centres associatifs correspondants diffèrent de siège selon les constatations de Flechisg (centre antérieur moyen et postérieur occipito-temporal, pariétal ou frontal). D'autre part, le crâne normalement développé ne régresse plus suivant les altérations ultérieures de son conténu.

Des mensurations d'encéphales comparées à celles des crânes seraient

donc nécessaires comme corollaire de nos constatations premières en les groupant par espèces cliniques ou ethniques.

Nous trouvons dans le milieu des asiles l'*oreille* grande avec une fréquence remarquable : 64 fois chez les malades hommes de l'asile de Villejuif, 61 fois chez les malades femmes de l'asile de Maison-Blanche.

Les recherches que nous venons d'exposer seront complétées par l'étude de nouvelles séries de 100, mais rien dans nos observations actuelles (nos mensurations totales dépassent aujourd'hui le chiffre de 600) ne nous permet de croire que les résultats que nous venons d'exposer puissent être infirmés.

Ces études permettent de ranger la population des asiles d'aliénés dans la grande catégorie décrite par Sigaud, de Lyon, dans son enseignement sous le nom de *types irréguliers* au point de vue morphologique.

MÉDECINE. — *Sur le traitement de l'épilepsie d'origine gastro-intestinale.* Note de M. E. **Deschamps**. (Extrait par M. Ch. Bouchard.)

A l'occasion d'une Note de M. Doumer (*Comptes rendus*, 12 décembre 1910) où se trouve préconisée la voltaïsation ou galvanisation abdominale dans les cas d'épilepsie due à un mauvais fonctionnement de l'intestin, M. E. Deschamps fait remarquer qu'il a écrit (*Soc. de Thérapeutique de Paris*, 9 novembre 1910) :

« Chez de tels malades (épileptiques avec troubles intestinaux), et ils sont la majorité, il n'est pas surprenant que le régime seul reste sans effet.... C'est dans de telles conditions que le traitement électrique de l'abdomen par la galvanisation et la faradisation, que nous avons déjà préconisé, donne des résultats vraiment merveilleux.... Les crises convulsives diminuent de nombre et d'intensité. »

M. Deschamps ajoute que, à deux cas de guérison complète rapportés dans son Mémoire, il convient d'en ajouter sept autres qu'il a publiés en 1909 dans la *Bretagne médicale,* le plus ancien remontant au 16 août 1898.

ENTOMOLOGIE. — *Recherches sur les causes des variations de la faunule entomologique aérienne.* Note de M. A. **Bonnet**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Il est de remarque courante que certaines conditions atmosphériques favorisent le vol des insectes, et particulièrement la sortie des petites

espèces qui voltigent à un ou deux mètres de terre. Une observation attentive montre que cette faunule aérienne varie considérablement aux diverses heures de la journée, et qu'elle se trouve en relation avec les changements de température et d'humidité de l'air.

J'ai cherché à déterminer quelles étaient ces conditions en récoltant tous les insectes qui voltigeaient dans un cube d'air déterminé, et j'appelle *densité entomologique aérienne* le rapport des nombres d'insectes recueillis au nombre de mètres cubes d'air considéré. Pour cela, je dispose à l'avant d'une voiture automobile un grand filet en mousseline très fine de 1^{m^2} d'ouverture et à poche profonde; le centre du filet est situé à environ 2^m de terre (1), au-dessus de la planche avant de la voiture. Dans cette position les causes d'erreur provenant des remous d'air sont éliminées, car ceux-ci ne se font sentir qu'en arrière du siège du conducteur.

Une vitesse de 30^{km} à l'heure est suffisante pour que les insectes qui se trouvent sur le passage du filet soient projetés contre le fond de la poche d'où ils ne peuvent s'échapper, étant maintenus par la violence du courant d'air. Le filet est fixé sur son cadre par un dispositif spécial qui permet de l'enlever très rapidement à la fin de l'expérience, et facilite la récolte dans toute son intégrité.

Le choix de la route sur laquelle se fait la capture des insectes nécessite des conditions d'homogénéité biologique particulières.

Pour obtenir une moyenne de densité entomologique non entachée d'erreur, il est nécessaire de parcourir une longueur de route de 1^{km} ou 2^{km}, correspondant à 1000^{m^3} ou 2000^{m^3} d'air filtré. En outre, il faut que le tronçon de route exploré soit éloigné de toute habitation, ferme, tas de fumiers, où sont localisées, comme me l'ont démontré de nombreuses expériences, certaines espèces particulières, parasites ou commensales : *Musca domestica*, *Sarcophaga*, *Tabanus*, etc. De même le voisinage immédiat d'une mare ou d'un étang de quelque importance amène la présence de nombreux *Culex*, *Chironomus* et autres insectes à phase larvaire aquatique.

Ces conditions une fois réalisées, j'ai noté pour chaque coup de filet : le jour et l'heure, la nature des pays (sous-bois, prairies, cultures, etc.), l'altitude, la pression barométrique, la température, le degré hygrométrique, la force et la direction du vent, ainsi que l'état du ciel et le temps probable.

---

(1) Au ras de terre, la faune entomologique est très spéciale par suite de la présence des excréments des animaux; d'autre part, au-dessus d'un certain niveau, le nombre des insectes diminue considérablement, et à une vingtaine de mètres de terre on n'en rencontre presque plus.

De nuit, les observations se font de même, mais il est nécessaire d'avoir repéré la route pour pouvoir marcher sans lanternes, de crainte que la lumière n'attire certains insectes.

Le nombre des individus récoltés, abstraction faite de quelques expériences où j'ai traversé accidentellement des nuages de Chironomes, varie de 0 à 150 insectes pour 1000^{m^3}. La densité entomologique moyenne oscille autour de 70 au milieu du jour, tombe à 40 vers les 5^h du soir, et n'est plus que de 1 ou 2 du commencement de la nuit au lever du soleil; elle commence alors à s'élever progressivement dès que la rosée est évaporée.

Les Orthoptères, Hémiptères, Névroptères et Lépidoptères sont extrêmement rares, exceptionnellement on capture quelques Aphides ou Saldides; de même de grosses formes de Diptères, de Coléoptères et d'Hyménoptères sont très rares.

Les insectes, qui constituent à peu près à eux seuls toute cette famille aérienne, se répartissent principalement dans les familles suivantes :

Diptères : Muscides, Empides, Simulides, Mycétophylides, Chironomides, Culicides, Tipulides.

Coléoptères : Staphylinides, Trichoptérygides, Altisides.

Hyménoptères : Apides, Tenthrédides, Cynipides, Proctotrupides, Platygastérides.

Les Diptères sont de beaucoup les insectes dominants, ensuite viennent les Coléoptères, puis les Hyménoptères.

Sur une vingtaine d'expériences prises au hasard à différentes heures du jour, le rapport de fréquence de ces trois groupes est à peu près de 10 pour les Diptères, de 3 pour les Coléoptères et de 1 pour les Hyménoptères.

Les Hyménoptères ne volent qu'aux heures les plus chaudes et les plus ensoleillées de la journée; parmi les Coléoptères, les Staphylinides dominent, et ce sont les seuls qui voltigent encore après le coucher du Soleil; les Diptères sont représentés pendant le jour par les Muscides et les Mycétophylides, mais, dès que la nuit arrive et que l'humidité augmente, on voit progressivement disparaître ces formes au vol rapide et à leur place apparaissent les Chironomides, Simulides, Culicides, etc., qui voltigent fort tard dans la nuit.

L'ensemble de ces observations montre qu'avant le jour on ne rencontre presque aucun insecte; ce n'est que longtemps après le lever du Soleil, lorsque la chaleur du jour a dissipé l'humidité de la nuit (c'est-à-dire suivant la saison entre 7^h et 9^h du matin), que les insectes commencent à se montrer. Vers 2^h de l'après-midi se place le maximum d'activité de cette petite faune aérienne dont l'importance diminue ensuite progressivement jusqu'à la nuit. Toutefois, le vol de certaines espèces se prolonge long-

temps après le coucher du Soleil et même jusqu'à 9^h ou 10^h du soir dans le milieu de l'été.

Certaines conditions atmosphériques, l'approche d'un orage, la saturation de l'air en vapeur d'eau, favorisent le vol des espèces crépusculaires, car elles trouvent, par ces temps lourds, à peu près les mêmes conditions biologiques que celles qui se produisent au coucher du Soleil. Pendant la pluie les insectes disparaissent totalement de l'atmosphère et ne recommencent à voltiger que lorsque le temps s'est remis au beau.

Cette étude des conditions favorables au vol des insectes permet de préciser toute une série de données biologiques intéressantes. J'ai déjà recueilli un certain nombre d'observations sur les conditions et les causes de la sortie et du vol de cette petite faunule entomologique. Je les publierai en détail, ainsi que les déterminations des espèces [1] lorsque le nombre en sera suffisant.

GÉOLOGIE. — *Les couches à* Strombus bubonius (*Lmk.*) *dans la Méditerranée occidentale.* Note de M. **M. Gignoux.**

J'ai déjà, dans deux Notes précédentes (*Comptes rendus*, 28 décembre 1909 et 29 mars 1910), précisé la classification des formations marines pliocènes supérieures et quaternaires dans la région tyrrhénienne. Je m'occuperai, aujourd'hui, seulement du plus récent des niveaux marins que j'ai été amené à distinguer.

L'attention des géologues français a été récemment attirée sur l'individualité de ces couches à *Strombus bubonius* par les beaux travaux de M. Depéret sur les environs de Nice et du général de Lamothe sur la région de Monastir. Cette individualité s'est trouvée encore confirmée par mes propres observations en Italie, ainsi que par l'interprétation des observations antérieures dues aux géologues italiens.

I. *Au point de vue paléontologique* ces couches sont caractérisées par l'apparition, au milieu d'une faune identique à la faune méditerranéenne actuelle, de formes de l'Atlantique sud, vivant aujourd'hui sur les côtes ouest de l'Afrique ou aux Canaries, et, pour la plupart, n'ayant point de racines dans les faunes méditerranéennes plus anciennes : il s'agit donc bien là d'une *invasion d'origine atlantique* et non d'une évolution sur place de

---

(1) Je dois à M. Grilat, entomologiste lyonnais, la détermination d'un grand nombre des espèces recueillies.

types autochtones. Voici les principales de ces espèces émigrées, rangées par ordre d'importance pratique :

1. *Strombus bubonius* (Lmk.) = *S. mediterraneus* (Duclos) = *S. sferracavallensis* (de Greg.) = *S. coronatus* (p. p. auct.). — 2. *Conus testudinarius* (Martini) = *C. guinaïcus* (p. p. auct.) = *C. Mercati* (p. p. auct.). — 3. *Tritonidea viverrata* (Kiener) = *Cantharus variegatus* (Gray) = *Purpura rosea* (auct.). — 4. *Tritonium ficoides* (Reeve). — 5. *Natica porcellana* (d'Orb.) = *N. orientalis* (p. p. auct.). — 6. *Trigonia anatina* (Gmel.). — 7. *Cardita senegalensis* (Reeve). — 8. *Mactra Largillierti* (Philippi). — 9. *Pecten maximus* (L.). — 10. *Mitra cingulosa* (von Martens, Portugal).

Une seule de ces espèces suffirait pour caractériser le niveau paléontologique que nous étudions. Mais, en pratique, la plupart des gisements, s'ils ont été suffisamment explorés, montrent l'association de plusieurs de ces espèces caractéristiques, et *c'est de là que la faune à* Strombus *tire son caractère d'unité*. Malgré tout, ces formes sont parfois assez rares : aussi il est indéniable que beaucoup de gisements quaternaires connus, où aucune d'elles n'a encore été trouvée, sont néanmoins contemporains de la faune à *Strombus*. Toutefois, et pour arriver à des conclusions positives tout à fait certaines, je ne tiendrai compte que de ceux où l'une au moins de ces espèces a été rencontrée. De tels gisements sont les suivants ([1]) :

En France, environs de Nice et de Monaco (1, 2, 3, 5 ?) (Depéret, Cariot, Boule).

En Italie, panchinas de Livourne (1, 2) (de Stefani, musée de Pise), de Corneto, près de Civita-Vecchia (2) (Université de Rome) et de Gallipoli (1) (musée du R. Ufficio geologico à Rome, calcaire sableux de Tarente (1, 2, 3, 4, 5, 9), sables de graviers de Bavagnese et de Boveto, près Reggio (1, 2, 3, 4, 5, 9, 10). En Sicile, panchina de Sferracavallo, près Palerme (1, 3).

En Afrique, Monastir (1, 2, 3, 5, 6, 7, 9) (de Lamothe, Flick et Pervinquière), Sfax et Cap Bon (1, 7, 8) (de Lamothe, Bédé, matériaux obligeamment communiqués par M. Allemand-Martin), nombreux gisements algériens (1, 2, 6 ?) (de Lamothe).

En Espagne, S. Juan de Vilasar, près Barcelone (1, 2) (Almera, musée de Barcelone).

Dans les îles, Majorque (1, 2) (Haime, Hermite, Hörnes, matériaux obligeamment communiqués par M. Paul Fallot), Sardaigne (1) (Lamarmora), Corse (1 ?) (Lucerna), Pianosa (1) (Simonelli), Mellisello dans l'Adriatique (1 ?) (Martelli).

([1]) Les chiffres entre parenthèses, à la suite de chaque nom de gisement, indiquent les espèces caractéristiques qui y ont été rencontrées, désignées chacune par leur numéro d'ordre dans la liste ci-dessus; pour les fossiles que je n'ai pas récoltés moi-même, j'indique en outre la référence (auteur ou collection).

II. Au point de vue stratigraphique ces couches se montrent constamment indépendantes de toutes les formations antérieures, même du Silicien marin (Palerme) et leur individualité (que les géologues italiens n'avaient point fait suffisamment ressortir) est également très nette. Peut-être faut-il voir, dans la transgression marine qui partout a précédé immédiatement le dépôt des couches à *Strombus*, la cause même de l'invasion des formes atlantiques dans la Méditerranée.

III. Quoi qu'il en soit, l'apparition de ces formes émigrées constitue un point de repère précieux dans la chronologie du Quaternaire méditerranéen (¹) : et cela nous permet d'introduire quelque précision dans l'histoire des anciennes lignes de rivage. On peut en effet se proposer de rechercher, pour chaque gisement particulier, l'altitude maximum atteinte par la mer à *Strombus*. On arrive alors aux conclusions suivantes :

1° Un gisement doit être mis à part : c'est celui de Ravagnese (et Boveto), près Reggio. Il s'agit ici d'une ancienne plage où l'on peut retrouver avec grande netteté les diverses zones bathymétriques, depuis des vases sableuses jusqu'à un véritable cordon littoral (contenant des Strombes roulés), levée de galets accumulés par la mer au pied de falaises miocènes : on peut ainsi fixer, avec une grande précision, le chiffre de 100ᵐ comme altitude maximum de la mer à *Strombus*.

2° *Pour tous les autres gisements actuellement connus, l'altitude maximum, atteinte par la mer à* Strombus, *ne paraît pas avoir dépassé* 35ᵐ et, dans le cas où l'on peut évaluer cette altitude avec précision, elle se montre voisine de 35ᵐ.

Conclusions. — Donc, en se bornant à des constatations positives, on peut énoncer les conclusions suivantes, dont la forme diffère suivant qu'on admet des mouvements d'ensemble du niveau marin (*mouvements eustatiques*) ou seulement des mouvements du sol (*mouvements épirogéniques*) :

1° Dans le langage de la théorie eustatique, on peut dire que l'apparition de la faune à *Strombus* dans la Méditerranée est contemporaine d'une ligne de rivage qui partout se retrouve à 35ᵐ d'altitude; sauf dans le centre du détroit de Messine, région éminemment instable, où des mouvements locaux récents ont soulevé l'ancienne plage jusqu'à 100ᵐ.

2° Dans le langage de la théorie inverse (mouvements épirogéniques), nos conclusions prennent la forme suivante : l'apparition de la faune à *Strombus* dans la Méditerranée est un événement suffisamment récent pour

(¹) L'étude des terrasses alluviales semblerait indiquer, provisoirement, que ce niveau est würmien ou postwürmien : ainsi l'arrivée de la faune marine chaude marquerait le commencement du recul des glaciers.

que les soulèvements n'aient encore pu, depuis cette époque, dépasser l'amplitude de 35^{m}, sauf en un point unique où, contrairement à ce qui se passe sur tout le pourtour de la Méditerranée occidentale, le soulèvement aurait atteint l'amplitude de 100^{m}.

La première hypothèse a évidemment l'avantage d'être plus synthétique et, partant, de jalonner les recherches futures dans des directions plus précises. Quelle que soit la part de vérité qu'elle renferme, il sera bon de l'avoir constamment présente à l'esprit, mais il est nécessaire de lui adjoindre la notion de mouvements locaux.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les relations des courants telluriques avec les perturbations magnétiques.* Note de M. J. **Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

On a depuis longtemps remarqué que les orages magnétiques étaient généralement accompagnés de courants telluriques plus ou moins intenses, et la question s'est aussitôt posée de savoir si ceux-ci étaient la cause de l'effet des perturbations.

Nous voudrions montrer ici le parti qu'on peut tirer dans cet ordre d'idées des observations faites il y a 15 ans au Parc Saint-Maur et que l'installation dans le voisinage de lignes industrielles a malheureusement interrompues.

Dès 1868, Airy (¹), à l'aide de deux lignes orientées pourtant d'une façon défectueuse, avait attaqué le problème : il était arrivé à cette conclusion, avancée jadis par Lamont, que les variations des courants telluriques précédaient en général un peu celles des composantes magnétiques et offraient la même allure. Les courants seraient alors la cause directe des perturbations. Depuis, d'autres savants, S. Lemström (²), W. Ellis (³), Weinstein (⁴) ont repris la question, sans toutefois la serrer d'aussi près, et ont conclu de même.

Mais, en 1883, des expériences d'ailleurs remarquables furent faites en France par E.-E. Blavier (⁵) et il crut y voir la preuve que les courants telluriques étaient dus à l'induction produite par les variations rapides du champ terrestre. Cette opinion, maintenant peut-être la plus répandue, a bénéficié de toutes les anomalies que les diverses observations ont pu trouver dans l'étude de ces courants, de leurs variations diurnes, etc. Il semble cependant, si l'on se reporte aux Mémoires de Blavier, qu'il

(¹) *Phil. Trans. of the London Roy. Soc.*, t. CLVIII, 1868.
(²) *L'aurore boréale*, Paris, Gauthier-Villars, 1886.
(³) *Proceedings of the London Roy. Soc.*, t. LII, 1892, p. 191.
(⁴) *Himmel und Erde*, année 1902.
(⁵) *Annales télégraphiques*, t. V, 1862; X, 1883, et XI, 1884.

y avait surtout chez lui une idée préconçue, que la pratique électrique lui avait sans doute inspirée, dès 1862.

Depuis ces recherches, l'Observatoire de Greenwich a publié, de 1882 à 1890, lors des orages magnétiques, les courbes des courants telluriques en même temps que celles des composantes magnétiques et, en 1893, le Parc Saint-Maur (¹), avec des lignes bien orientées (Nord-Sud, Est-Ouest), a suivi cet exemple.

Or il est facile de constater, surtout sur les courbes de Saint-Maur, que les variations du courant E-O suivent très souvent avec une régularité frappante celles de la force horizontale et les variations du courant N-S celles de la déclinaison (²). Vu la faible déclinaison magnétique actuelle, c'est bien ce qui doit arriver si les courants provoquent les perturbations. D'autre part, s'ils provenaient au contraire de l'induction par le champ terrestre, leur intensité serait représentée par la dérivée de celui-ci : la courbe magnétique étant une ligne brisée à points anguleux, la tellurique consisterait en segments de droites horizontales avec sauts brusques. Même en admettant que les appareils lui substituent une sorte de sinusoïde plus ou moins irrégulière (³), les distances des maxima successifs n'y répondraient nullement aux sinuosités de la courbe magnétique. Il ne semble donc guère y avoir place pour l'explication de Blavier, au moins comme cause principale des courants telluriques dans nos latitudes (⁴).

Nous nous sommes proposé de rechercher si, entre les variations simultanées du courant et du champ terrestres, la relation de perpendicularité de la règle d'Ampère se trouvait vérifiée. Nous connaissons mal, à la vérité, la valeur précise du courant tellurique (⁵) ainsi que la région du globe où il est le plus intense : nous connaissons surtout sa direction. On fera donc abstraction des variations de la force verticale, d'ailleurs généralement faibles : si l'angle est droit dans l'espace, il l'est aussi projeté sur l'horizon, puisque ce plan contient un de ses côtés (le courant).

Nous avons choisi à Saint-Maur un certain nombre de mouvements *nets*, *simultanés*, des divers éléments, 18 en tout. Nous avons ensuite construit les

---

(¹) TH. MOUREAUX, *Annales Bur. central météor. : Mémoires*, 1893 et suiv.

(²) Voir, entre autres, les courbes (E-O) des 11 janvier 1894 et 2 mai 1896 et (N-S) des 26 septembre 1893 et 13 octobre 1895.

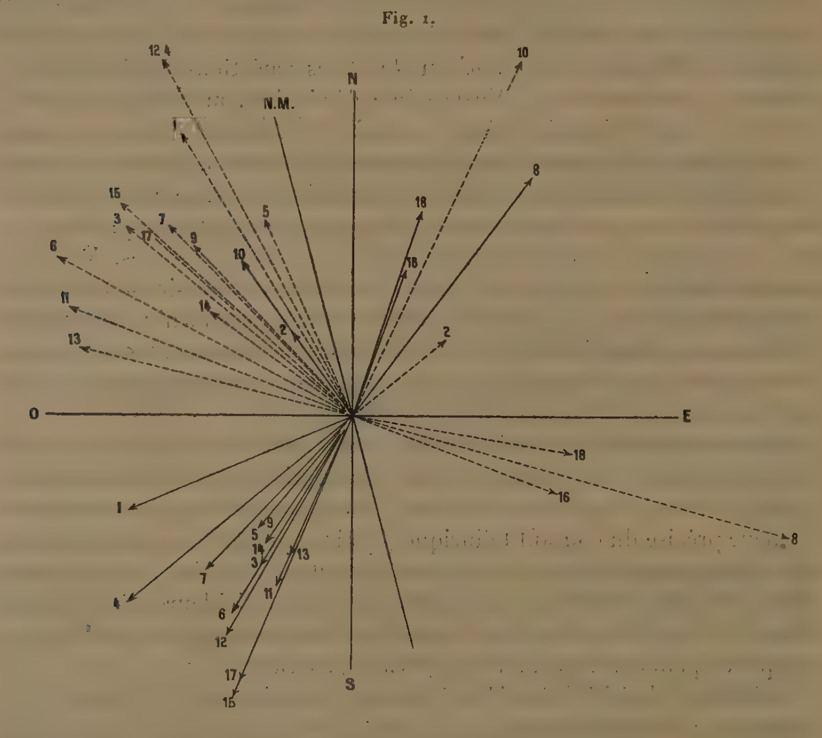
(³) Ce qui n'est pas, car, à l'échelle des courbes, des mouvements ayant duré 2 minutes y paraissent brusques.

(⁴) Bien que nous ne voyons rien qui puisse restreindre la généralité de nos conclusions, nous ne saurions en effet les étendre en toute rigueur à des régions du globe que nous n'avons pas spécialement étudiées.

(⁵) M. Schuster a montré (*Brit. Ass. Report*, 1898) que la mesure exacte de cette valeur absolue dépendait de la conductibilité spécifique du sol.

directions des champs perturbateurs projetées et celles des courants (*fig.* 1). Les traits pleins numérotés indiquent les courants; les traits pointillés les champs correspondants observés. On remarquera que l'aiguille s'est constamment dirigée dans le sens exigé par la règle d'Ampère, à gauche du courant. Quand, par aventure, le courant a une direction inusitée, la perturbation le suit.

Fig. 1.

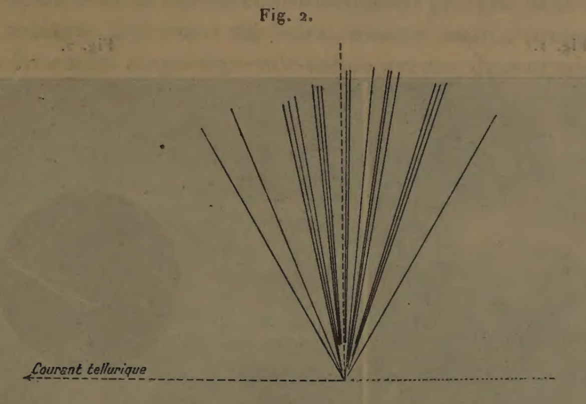


Enfin la tendance des angles à se grouper vers 90° (*fig.* 2) est manifeste (moy. 91°,5), malgré l'imprécision évidente d'une recherche fondée sur les indications de quatre instruments différents. Le même travail exécuté pour Greenwich, où les conditions d'observation des courants telluriques sont moins favorables, aboutit à la même conclusion.

Nous ne prétendons pas résoudre définitivement un problème complexe, si longtemps étudié par les savants les plus éminents et qui offre d'ailleurs encore bien des obscurités : nous croyons cependant ce qui précède très favorable à l'idée d'une influence directe des courants telluriques. Pour

expliquer les orages magnétiques il faudrait d'abord chercher à rendre compte de ces courants. On entrevoit déjà à la vérité, dans les récents

Fig. 2.



progrès de la Physique solaire, des éléments qui permettraient sans doute d'y parvenir; mais il serait prématuré de vouloir préciser ici davantage.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la lumière zodiacale.* Note de M. **Birkeland.**

Comme on le sait, plusieurs observateurs ont trouvé que la lumière zodiacale présente quelquefois des pulsations très régulières en intensité et en forme.

J'ai trouvé que les périodes de ces pulsations correspondent bien avec les périodes d'ondes régulières magnétiques que j'ai, à trois reprises différentes, observé dans les régions polaires.

Cela m'a donné l'idée que la lumière zodiacale doit avoir une origine électrique et j'ai tâché d'expliquer ce phénomène par des radiations corpusculaires du Soleil. Je me rendrai prochainement avec mon assistant, M. Krogness, à Khartoum, afin d'étudier ces phénomènes de plus près, et en même temps on fera des enregistrements simultanés dans le nord de la Norvège.

J'ai fait mes expériences en prenant comme cathode un globe fortement magnétisé que j'ai mis dans un grand vase de décharge.

Les figures 1 et 3 montrent des phénomènes observés et la figure 2 représente un dessin fait d'après un négatif par M. Morgan pendant l'éclipse de Soleil du 17 mai 1901.

La figure 3 surtout est intéressante, il est facile de produire autour du globe magnétique un anneau de lumière qui prenne tout le vase de décharge.

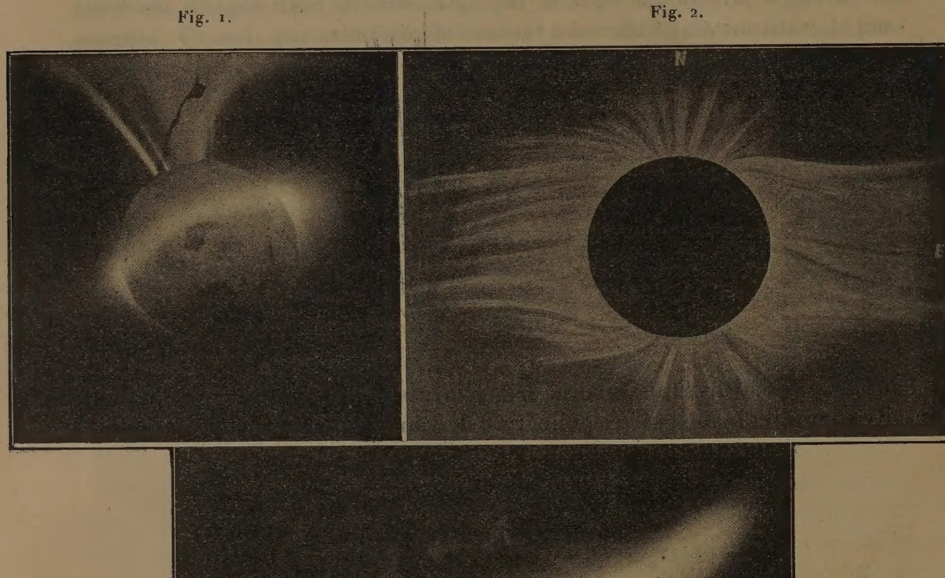


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 3.

J'en suis arrivé à supposer qu'il existe un anneau similaire de matière radiante dans l'équateur *magnétique* du Soleil, que je suppose identique à

l'équateur solaire et je présume que cet anneau existe même en dehors de la trajectoire de la Terre.

La Terre opère donc sa course continuellement plongée dans cet anneau de matière radiante provenant du Soleil comme source primaire. Or la Terre, étant fortement magnétique elle-même, creuse, dans ce mince anneau de matière radiante, une cavité où les rayons corpusculaires ne peuvent pas cheminer.

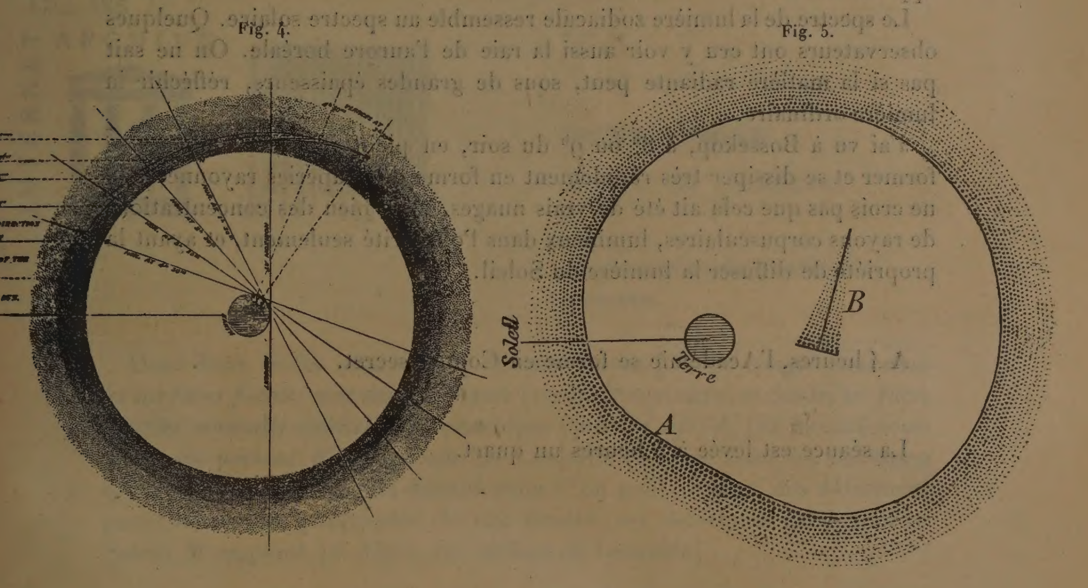


Fig. 4. Fig. 5.

Une longue série d'expériences faites avec une terrella dans un grand vase de décharge m'ont permis de déterminer par analogie comment les rayons corpusculaires, sous l'influence du magnétisme terrestre, se meuvent autour de la Terre.

On trouvera les résultats de ces expériences dans le deuxième Volume de mon Ouvrage, *The Norwegian Aurora Polaris Expedition*, 1902-1903.

La figure 4 montre comment le célèbre observateur Jones, dans ses recherches classiques sur la lumière zodiacale, a tâché d'expliquer celle-ci, en admettant autour de la Terre un anneau nébuleux placé dans le plan de l'écliptique.

La figure 5 montre schématiquement comment, d'après ma théorie, l'espace environnant la Terre doit être rempli de rayons corpusculaires dans le plan de l'équateur magnétique du Soleil.

On peut expliquer les phénomènes du matin et du soir de la lumière zodiacale d'une façon analogue à la théorie de Jones.

Mais il semble bien que le phénomène connu sous le nom de *Gegenschein* puisse s'expliquer par ma théorie. En effet, aux équinoxes, la ligne B, où les rayons corpusculaires sont fortement concentrés, se trouve dans le plan de l'anneau de matière radiante que nous apercevons aussi dans la direction opposée au Soleil.

Le spectre de la lumière zodiacale ressemble au spectre solaire. Quelques observateurs ont cru y voir aussi la raie de l'aurore boréale. On ne sait pas si la matière radiante peut, sous de grandes épaisseurs, réfléchir la lumière ordinaire.

J'ai vu à Bossekop, à 8^h ou 9^h du soir, en plein soleil, des nuages se former et se dissiper très rapidement en forme de draperies rayonnées. Je ne crois pas que cela ait été de vrais nuages, mais bien des concentrations de rayons corpusculaires, lumineux dans l'obscurité seulement, et ayant la propriété de diffuser la lumière du Soleil.

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

Ph. v. T.